
BACHELORARBEIT

Gero-Alexander Görke

**3D-Film – Unterschiede der
Technik von 2D und 3D**

2012

BACHELORARBEIT

3D-Film – Unterschiede der Technik von 2D und 3D

Autor:
Gero-Alexander Görke

Studiengang:
Film und Fernsehen

Seminargruppe:
FF07w1-B

Erstprüfer:
Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

Zweitprüfer:
Prof. Dr. phil. Ludwig Hilmer

Einreichung:
Hermannsburg, 31.08.2012

BACHELOR THESIS

3D-Film – Differences of 2D and 3D technology

author:

Mr. Gero-Alexander Görke

course of studies:

Film and Television

seminar group:

FF07w1-B

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschockelt

second examiner:

Prof. Dr. phil. Ludwig Hilmer

submission:

Hermannsburg, 31.08.2012

Bibliografische Angaben:

Görke, Gero-Alexander:

3D-Film – Unterschiede der Technik von 2D und 3D

3D-Film – Differences of 2D and 3D technology

2012 - 57 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2012

Kurzbeschreibung

Die vorliegende Arbeit gibt zunächst einen Überblick über die Geschichte der Entwicklung der Stereoskopie und ihrer Technik. Um die notwendige Technik zur Erstellung publikumstauglicher Produkte zu erklären, ist danach ein kurzer Abriss über die Physiologie des menschlichen Sehens eingefügt. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Gegenüberstellung von 2D- und 3D-Produktionen. Es wird ein Überblick über die notwendigen Unterschiede in der Technik der verschiedenen Departments sowie des momentanen Entwicklungsstandes gegeben. Außerdem wird die sich daraus ergebene Personalerweiterung und -ausbildung ebenso wie die finanzielle Situation beleuchtet. Im Fazit wird die aufgrund der Recherche entstandene persönliche Meinung über die Zukunft des 3D-Films dargestellt.

Abstract

The present study gives an overview of the history of the development of stereoscopy and its technology. To explain the necessary technology for viewer-satisfying products, there will be an outline on the physiology of human vision. The main part of this study is the comparison of 2D- and 3D-productions. It provides an overview about the differences in equipment of the different departments as well as the current state of development, further more a look at the staff-changes and -schooling as well as the financial situation. In conclusion, resulting from the research, the personal opinion about the future of the 3D-film is given.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung.....	IV
Abstract.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Historische Entwicklung der 3D-Technik.....	2
2.1 Prä-Goldene Ära.....	2
2.2 Die "Goldene Ära" und die nächsten Jahre.....	5
2.3 Die digitale Zeit des 3D-Films.....	7
3 Das Auge und das menschliche Sehen.....	9
3.1 Physiologische Grundlagen des Sehens.....	9
3.2 Blickbewegung.....	11
3.3 Funktion.....	11
3.4 Farbe und Helligkeit.....	12
3.5 Räumliches Sehen.....	12
3.6 Stereo 3D-Sehen und Kenngrößen.....	13
3.7 Subjektivität des Sehens.....	15
3.8 Sehfehler.....	15
3.9 3D-Krankheit.....	17
3.10 3D-Blindheit.....	17
4 Technik.....	18
4.1 Das Department Kamera.....	18
4.1.1 Die Kamera.....	18
4.1.2 Die Objektive.....	22
4.1.3 3D-Riggs.....	24
4.1.4 Speichermedien.....	27
4.2 Das Department Licht und die technischen Veränderungen.....	29
4.2.1 Das Licht.....	29

4.2.2	Lichtverluste von der Kamera bis zum Publikum.....	30
4.3	Das Department Grip.....	30
4.3.1	Dollies und Kräne.....	31
4.3.2	Super-Technokräne.....	32
4.4	Das Department Schnitt.....	32
4.4.1	3D-fähige Schnittsysteme und deren Umbau.....	33
4.4.2	Behebung von Fehlern in der Postproduktion.....	36
4.4.3	Adaptionsproblematik beim 3D-Schnitt.....	36
5	Produktion.....	38
5.1	Personal.....	38
5.2	Vorproduktion, Technikkosten und ihre Probleme.....	39
6	Fazit.....	43
	Literaturverzeichnis.....	X
	Abbildungsquellenverzeichnis.....	XIII
	Eigenständigkeitserklärung.....	XV

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Plastische Klappkarte mit integrierter Optik.....	2
Abbildung 2: Brewsters Stereoskop.....	3
Abbildung 3: Kamera aus den 1950er-Jahren.....	6
Abbildung 4: Avatar anaglyph.....	7
Abbildung 5: Das Auge.....	9
Abbildung 6: Nah- und Fernakkommodation.....	10
Abbildung 7: Die Netzhaut des menschlichen Auges.....	10
Abbildung 8: ARRI ALEXA Reihe.....	18
Abbildung 9: Der Body einer RED EPIC ohne alles.....	20
Abbildung 10: Zeiss Master-Primes.....	22
Abbildung 11: Screenplane Production Rigg auf einem Cartoni Lambda.....	26
Abbildung 12: ARRI ST 16mm.....	28
Abbildung 13: Ein Productionrigg mit 2 ARRI Alexas.....	31
Abbildung 14: Ein 3D-Rigg auf einem Dolly.....	32
Abbildung 15: Beziehung zwischen Leinwandgrößen und IO Praralaxe.....	35
Abbildung 16: 3D Workflow vom Set bis zum Zuschauer.....	38
Abbildung 17: 3D-Konzeptzeichnung von „The Hobbit“.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Konvertierte Filme seit 2000.....	34
--	----

1 Einleitung

Die rasant fortschreitenden technischen Möglichkeiten unserer heutigen Zeit und ihre Umsetzung in allen unseren Lebensbereichen steigern auch die Erwartungen und Anforderungen, die an die Unterhaltungsindustrie gestellt werden. Immer neue Apps für Telefone, „Surround-Sound“ für das Wohnzimmer, immer spektakulärere Fahrgeschäfte in den Freizeitparks und ähnliches fördern unser Anspruchsdenken. In der Filmindustrie wird versucht, diese Haltung der Konsumenten mit einer technisch perfektionierten Neuauflage des Stereo-3D-Kinos zu befriedigen. Da die physiologischen Fakten des menschlichen Sehens inzwischen viel besser und genauer erforscht sind, ist es möglich, die Technik auf diese Gegebenheiten abzustimmen bzw. neu zu entwickeln, um so die 3D-Illusion perfekter zu simulieren. Der Mensch im 21. Jahrhundert ist durch die sehr hohen, ständig verbesserten Qualitätsstandards visueller Medien verwöhnt. Nicht nur der Fernseher bietet gestochen scharfe Bilder, sogar Telefondisplays werden nur noch akzeptiert, wenn sie trotz ihrer kleinen Ausmaße hohe Bildqualität liefern. Daher ist die Erwartungshaltung gegenüber 3D-Produktionen extrem hoch. Nicht nur Schärfe und Farbbrillanz sind gefordert, die Filmemacher müssen über physiologische Gegebenheiten des Sehens nachdenken, um beispielsweise die 3D-Krankheit (siehe 3.9.) zu vermeiden, aber andererseits auch wirtschaftliche Faktoren genau kalkulieren, um die Konsumenten nicht durch zu hohe Endpreise abzuschrecken. So ergeben sich für alle Departments in der Filmproduktion neue Herausforderungen. Der Kameramann muss sich ebenso wie der Cutter, der Beleuchter und die Gripper neuen Erfordernissen stellen. Dazu werden neue Kameras, Speichermedien, Riggs und vieles mehr mit dafür angepassten bzw. neu zu entwickelnden Möglichkeiten benötigt. Die Industrie ist dabei, sich mit hoher Geschwindigkeit darauf einzustellen.

In meiner Arbeit gehe ich im einzelnen auf die neuen technischen Möglichkeiten bei 3D-Produktionen ein und versuche, sie in Beziehung zu setzen zu den Erfordernissen bei 2D. Es erscheint mir wichtig, die Geschichte der Entwicklung der 3D-Technik aufzuzeigen. Da sich die technischen Änderungen teilweise aus der Physiologie des menschlichen Sehens ergeben, war es nötig, vorher einen kurzen Abriss darüber zu geben. Den Technikbereich habe ich in die verschiedenen Departments unterteilt, da in jeder einzelnen Abteilung unterschiedliche Veränderungen und Neuentwicklungen, für den Umstieg von 2D auf 3D nötig sind.

2 Historische Entwicklung der 3D-Technik

Seit jeher hat der Mensch versucht, die Realität bildlich darzustellen. Was in der Steinzeit mit den Strichmännchen der Höhlenmalereien begann, setzte sich über die Malerei und die Fotografie zum Film bis zu 3D-Bildern auf Festplatten in der heutigen Zeit fort.

In der Steinzeit versuchten die Künstler teilweise über die Unebenheiten des Untergrundes wie Felskanten und Vorsprünge Tiefenwirkung zu erzeugen. Bereits in der Zeit bevor sich die Menschen über 3D bewusst waren, beschäftigten sich einige mit diesem Phänomen, so unter anderem auch der griechische Mathematiker Euklid im 4. Jahrhundert vor Christus. Jedoch fand er nicht heraus, dass es zweier Augen bedarf, um räumlich zu sehen. In der Malerei wurde zwischen dem 14. und 16. Jahrhundert in der Renaissance eine Entwicklung von der flächigen Darstellung zur körperhaft-räumlichen vollzogen.



Abbildung 1: Plastische Klappkarte mit integrierter Optik

Erste Versuche, stereoskopische Zeichnungen zu einem Film zu schneiden, wurden 1833 unternommen und führten zu einem Guckkastenkinos mit wenigen Bildern.

2.1 Prä-Goldene Ära

Die folgende Chronologie skizziert, in welcher Art und Weise sich die 3D-Filmtechnik verändert hat.

1838: Sir Charles Wheatstone (1802-1875) veröffentlichte erste Forschungsergebnisse über Stereoskopie¹ (aus dem Griechischen stereos = räumlich und skopeo = betrachten), ein Verfahren zur räumlichen Abbildung durch zwei getrennt aufgenommene Bilder für je ein Auge. Dafür konstruierte er 1840 sein erstes sogenanntes Spiegelstereoskop.

Ebenfalls 1838 entwickelten der Franzose J. Ch. D'Almeida und der Deutsche Wilhelm Rollmann unabhängig voneinander die Anaglyphentechnik, die es ermöglichte 3D-Bilder zu projektieren.

1840: Martin Beteucourt verkaufte Postkarten, die sich zu Boxen zusammenfalten lassen, mit 2 leicht versetzten Bildern auf der Innenseite.

1849: Sir David Brewster, ein schottischer Physiker stellte die erste 2 Objektive-Kamera her.²

Nach dem Prinzip von Wheatstone entwickelte David Brewster im Jahr 1844 das Stereoskop weiter und fügte dem Ganzen die Fotografie hinzu. Mit leicht versetzten Bildern konnte man nun ein 3D-Foto sehen.

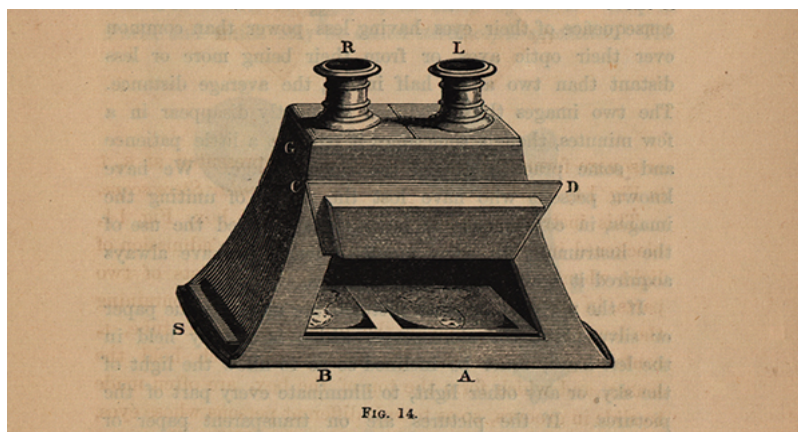


Abbildung 2: Brewsters Stereoskop

1889: William Friese-Green baute eine 3D-Kamera und drehte damit im Hydepark.³

1895: Dieser Film wurde in verschiedenen Ländern vorgeführt.

1 Vgl.. Film&TVKameramann 1/2011 S.52

2 Vgl.. Film&TVKameramann 1/2011 S.53

3 Vgl.. http://www.mybrightonandhove.org.uk/page_id__5718_path__0p117p157p344p.aspx zugriff 16.08.2012

1895: Die Gebrüder Lumère drehten und zeigten ihren Kurzfilm „L'arrivée d'un train en gare de La Ciotat“. Da die beiden Teilbilder in einem Projektor untergebracht waren, war es ihnen möglich, den Film in 3D vorzuführen.

1898: Friese-Green aus Großbritannien ließ seine 3D-Aufnahmen patentieren.

In den folgenden Jahren (wie aber auch schon zwischendurch) gab es immer wieder Experimente mit 3D, wie die von den Gebrüdern Skladanowsky, über die Gebrüder Lumère bis hin zu George Méliès.

Auf der Weltausstellung in 1904 wurde der erste 3D-Kurzfilm gezeigt. Leider konnte dieser nur von einer Person jeweils begutachtet werden, da das Stereoskop nötig war⁴.

1922: Als erster Langfilm für das große Publikum, der die Anaglyphentechnik nutzte, kam „The Power of Love“ mit großem Erfolg am 27. September in Los Angeles auf die Leinwand.

„The Power of Love“, der erste Schwarz/Weiß-Film in Kinolänge, ist leider eines der verschollenen Werke der frühen Filmzeit.

1927: Für kurze Zeit wurden auch im Film „Napoleon“ 3D-Szenen gezeigt. Diese wurden jedoch entfernt, weil das Auf- und Absetzen der Brillen und die Rot-Grün-Färbung zu störend wirkte.

In dieser Zeit wurden auch andere Filme in 3D mit mehr oder minderem Erfolg gedreht, nach kurzer Zeit aber wieder aufgrund von schlechter Kritik und Qualität aufgegeben.

Die 3D-Technik hielt also vor Ton und Farbe Einzug beim Film.

Schlechte Qualität und Dramaturgie waren Gründe, warum sich die 3D-Technik nicht erfolgreich behauptete. Effekthaschereien, bei denen Messer, Bälle oder gar Möbel ins Publikum „geworfen“ wurden, beeindruckten die Massen wesentlich weniger als der Siegeszug der Tontechnik. Die Weltwirtschaftskrise 1929 bremste die Verbreitung der 3D-Technik ebenfalls stark.⁵

Nach Ende der Krise wurde Mitte der 30iger Jahre versucht, den 3D-Film wieder zu beleben.

4 Vgl. Katrin Zywek; 2009 Alles übers neue Kino, Kino.de <http://www.kino.de/news/alles-uebers-neue-3d-kino/276765.html> 29.04.2012

5 Vgl. Film&TVKameramann 1/2011 S.54

In den nächsten Jahren bemühten sich einige Filmschaffende um 3D. Schon vorher (1930) wurde in Moskau erstmals die Drahtgitter-Technik vorgeführt. Sie erlaubte es dem Zuschauer, ohne eine Brille ein plastisches Bild zu sehen. Doch da es aufgrund der nötigen speziellen Positionierung der Zuschauer nur für sehr wenige möglich war ein gutes Bild zu sehen, wurde diese Technik nicht weiter entwickelt und verschwand.

1934: Louis Lumiere zeigte anaglyphe Aufnahmen seiner Zugfahrt von 1895 in S3D.⁶

1935: „Audioscotics“ wurde von Jacob Leventhal und John Norling gezeigt.

1936: Der erste 3D-Ton-Film „Nozze vagabonde“ von Guido Brignone erschien in Italien
Es gab deutsche 3D-Filmversuche, die Olympischen Spiele 1936 aufzunehmen.⁷

1936/37 kam eine neue Technik bei dem Werbefilm „Zum Greifen nahe“ mit großem Erfolg zum Einsatz. Erfunden wurde diese Technik 1891 von John A. Anderson. Er hatte ein Patent für die Projektion stereoskopischer Bilder mit Hilfe von polarisiertem Licht angemeldet, konnte dies jedoch nicht flächendeckend verbreiten. Diese Technik wurde sowohl von Zeiss Ikon und Käsemann in Deutschland, als auch von Edwin H. Land in Amerika zwischen 1934 - 36 weiterentwickelt.

In Deutschland wurde die Technik während des 2. Weltkrieges für das Militär beschlagnahmt und für Lehrfilme der Marine und Luftwaffe genutzt. Für kommerzielle Zwecke war die Technik ansonsten nicht zu haben.

In Amerika gab es im zivilen Bereich vereinzelte Filmerfolge.

1951: Es begann der nächste 3D-Aufbruch auf dem „Festival of Britain“, wo Filme wie der 37minütige „Waters of Time“ mit Hilfe der Technik von William Friese-Green aufgeführt wurden und recht erfolgreich waren.

2.2 Die “Goldene Ära” und die nächsten Jahre

1946 bis 1952 gab es aufgrund der „Paramount Decision“ des Obersten Gerichtshofes von Amerika und des starken Zuwachses beim privaten Fernsehen einen Einbruch der Zuschauerzahlen von über 40%, was zu einer Schließung von fast viertausend Kinos

6 Vgl. Film&TVKameramann 1/2011 S.54

7 Vgl. <http://www.dermuenchenblog.de/veranstaltungen/vortrag-zur-geschichte-des-3d-films-im-filmmuseum-muenchen/> 16.08.2012

führte. Um die Kinosäle wieder zu füllen, lotete man die unterschiedliche Anziehungskraft des neuen Cinerama-Verfahrens und 3D aus.

Das sogenannte „Goldene Zeitalter“, welches 1952 begann und nur bis 1955 andauerte, startete mit dem ersten Farb-3D-Film „Bwana Devil“ von Arch Oboler.⁸ In den nächsten drei Jahren wurden etwa 60 3D-Film⁹ produziert, um das Publikum von den heimischen Fernsehern wieder ins Kino zu locken. Dies gestaltete sich jedoch nicht wie erwünscht. 3D-Filme setzten auf Effekte und vernachlässigten die Handlung. Auch die Tatsache, dass Abenteuer- und Horrorfilme, welche damals stark auf dem Vormarsch waren, viel an Stimmung durch die Rot-Grün-Tönung verloren, trug zum Misserfolg bei. Ein weiteres Problem war damals immer noch die unzureichend ausgefeilte Technik (siehe Kapitel 4). Zusätzlich zu den Problemen des 3D-Films gab es als „Konkurrenz“ das neue Cinemascope-Verfahren, welches nicht nur ein neues Format (Panoramabilder) zeigte, sondern den Zuschauern außerdem die 3D-Krankheit (siehe Kapitel 3) ersparte.



Abbildung 3: Kamera aus den 1950er-Jahren

1955 endete die „Goldene Ära“ des 3D-Films. „Dail M for Murder“ von Hitchcock wurde als 3D-Film kurz vor Ende dieser Ära gedreht, doch nur sehr kurz als solcher gezeigt. Danach wurde er nur noch in 2D vorgeführt. 1982 wurde er als 3D-Film erneut veröffentlicht und soll 2012 als 3D-Blue-Ray erneut herauskommen.

In den nächsten Jahren veränderte sich so gut wie nichts und der 3D-Film verschwand in einer Nische. Aufgrund von Filmen wie Andy Warhols „Flesh for Frankenstein“ (1973) und „Die Stewardessen“ (1971) von Erwin C. Ditrich brachte man den 3D-Film in Verbindung mit Horror & Sex, wobei bei vielen derartigen Filmen so schlechte Effek-

⁸ Vgl. Jan-Keno Janssen 2008 3D 2.0 c't Magazine (16/2008) <http://www.heise.de/ct/artikel/3D-2-0-291654.html>

⁹ Vgl. Film&TVKameramann 1/2011 S.52

te und schlechte Storylines vorlagen, dass sich Horror nicht immer nur auf das Genre bezog. Bis Anfang der 80iger Jahre gab es nur wenige 3D-Erfolge, unter anderem als Attraktion in Vergnügungsparks.

Ab 1983 verhalf eine verfeinerte Wiedergabe der IMAX-3D-Filme der Sparte zu neuem Aufschwung, doch technische Probleme hielten die Möglichkeiten vor allem in der Nachbereitung in Grenzen.

In den 90iger Jahren verbesserte die digitale Technik Bildaufnahme, -wiedergabe und -bearbeitung. Absolut erforderlich für die Filmqualität war die Möglichkeit, die Aufnahme am Set sofort stereoskopisch zu begutachten, um die Tiefe der Bilder korrekt zu steuern.

2.3 Die digitale Zeit des 3D-Films

Der erste Hollywood-Film, der komplett in das IMAX-3D-Format umgewandelt wurde, war „Der Polarexpress“ von Robert Zemeckis 2004. Überraschenderweise wurde mehr an dem 3D-Film verdient als an der 2D-Version, obwohl er nur in 70 IMAX-Kinos in 3D gezeigt wurde und in 3650 Kinos in 2D. Sieht man sich die Einnahmen pro Kopie an, steigt das Ganze noch deutlicher und man hatte 14mal höhere Einnahmen pro Kopie 3D als von der einfachen 2D-Kopie¹⁰. Damit begann der erneute 3D-Boom. In den nächsten Jahren folgten Filme wie beispielsweise 2005 „Chicken Little“ und „Beowulf“ 2007, doch der Durchbruch kam erst 2009 mit James Camerons „Avatar“.



Abbildung 4: Avatar anaglyph

¹⁰ Vgl. 3D Movie Making S.4 - 5

Hiermit war der Mainstream-Durchbruch geschafft. Und jedes Jahr werden neue 3D-Filme hergestellt.¹¹ Aber auch das U2-Konzert von 2006, welches in 3D aufgenommen und später in verschiedenen Kinos vorgeführt wurde, half dem 3D-Film wieder auf die Beine.¹²

Sowohl „Harry Potter 7“ als auch „Harry Potter 8“ sollten in 3D konvertiert werden. Nach einem Testlauf mit dem Projekt „Titan“ gab Warner Brothers dem Projekt grünes Licht. Doch die zeitliche Beschränkung brachte ein Problem mit sich, das Veröffentlichungsdatum machte es nötig, „Harry Potter 7“ in 2D herauszubringen.

In einem Statement des Warner Bros. Studios sechs Wochen vor Release sagten sie: „Es ist nicht möglich, den Film bis zum Start komplett zufriedenstellend in das 3D-Format umzuwandeln. Wir wollen die Fans nicht enttäuschen, die sich schon lange auf den Abschluss dieser außergewöhnlichen Reihe freuen“.¹³

Auch im Bereich der Kinos entstanden Veränderungen. In Deutschland gab es im Juli 2009 116 3D-Kinos. Nur ein Jahr später, im Juli 2010, waren es bereits 700. Durch Förderungen soll dieses Wachstum noch vorangetrieben werden. In Deutschland gibt es derzeit etwa 4500 Kinos. Der Plan ist es, jedes zweite davon 3D-fähig zu machen.¹⁴

Während die Stereoskopie sich, wie aufgezeigt, in den Anfängen ganz langsam weiterentwickelte, kann man für die Zukunft auf ihre rasante technische Entwicklung gespannt sein, wo und wie der 3D-Film an seine Grenzen stoßen wird.

11 Vgl. Film&TVKameramann 1/2011 S. 58

12 Vgl. U23D: 2007 <http://www.u23d.de>

13 Vgl. <http://www.kino.de/news/harry-potter-7-nicht-in-3d/296170.html> am - 1.1.2011 20.00h

14 Vgl. Wagner, Reinhard E. (2010): „3DIF: 3D-Cinema und stereoskopische Medienproduktion“, FKT-Magazin 64. Jahrgang (11/2010), S. 580 – 585

3 Das Auge und das menschliche Sehen

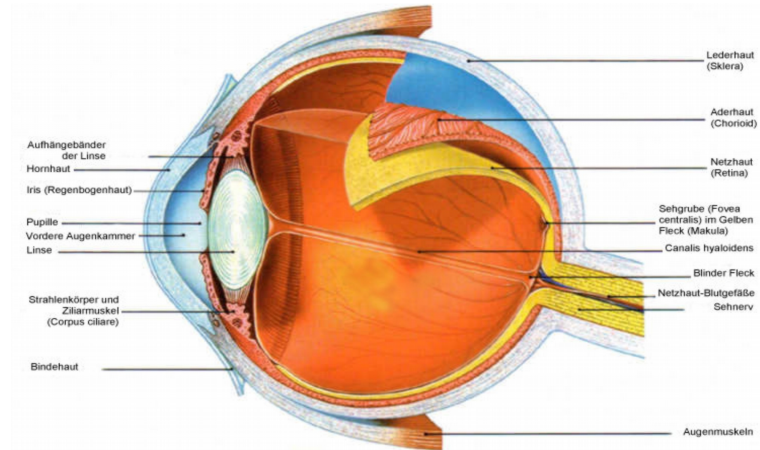


Abbildung 5: Das Auge

Um zu verstehen, wodurch der Mensch die Möglichkeit hat, einen Film in 3D zu sehen und welche Techniken für die Aufnahme dieses Filmes nötig sind, ist es zwingend erforderlich, sich mit dem Aufbau des Auges und der Umsetzung unseres Sehens im Gehirn zu befassen.

3.1 Physiologische Grundlagen des Sehens

Das im Auge eintreffende Licht gelangt durch die starre Hornhaut und die Pupille ins Auge. Die Linse bündelt es in einem Brennpunkt. Die Entfernung der Linse zum Brennpunkt heißt Brennweite. Durch die Möglichkeit der Linse, sich mittels der Ziliarmuskeln zu verformen, kann sie ihre Brechkraft ändern und die Schärfereinstellung anpassen. Dieser Vorgang wird Akkommodation genannt. Ab einer Entfernung von 7 Metern des fokussierten Objekts vom Auge befindet sich der Ziliarmuskel in Entspannung (Fernpunkt). Entspricht die Brennweite genau dem Abstand zwischen Linse und Netzhaut, der lichtempfindlichsten Schicht im Augenhintergrund, erscheint das Bild scharf. Im Gehirn wird das auf dem Kopf stehende Bild noch einmal gedreht.

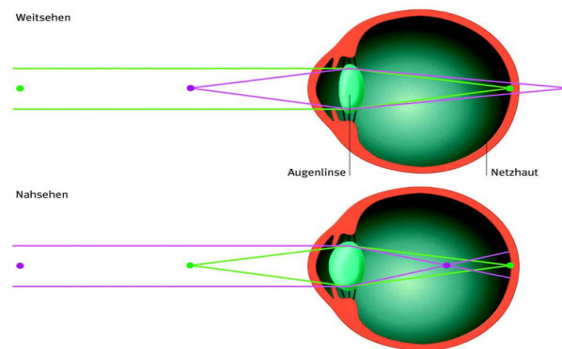


Abbildung 6: Nah- und Fernakkommodation

Lichtsignale werden von den „Zapfen“ der Retina aufgenommen und als elektrische Signale an das Hirn weitergeleitet. In der Sehgrube liegen Zapfen in höchster Dichte. Damit besitzen wir dort die Stelle des schärfsten Sehens. Das Auge versucht stets, den fixierten Punkt jeweils genau dort abzubilden. Innerhalb der Netzhaut wird das Bild (die verschiedenen Lichtmassen) in bioelektrische Signale umgewandelt.

Das Licht (die Photonen) wird in den Fotorezeptoren durch einen Sehfärbstoff absorbiert. Dadurch ändert der Farbstoff seine chemische Struktur. Aufgrund dessen wird

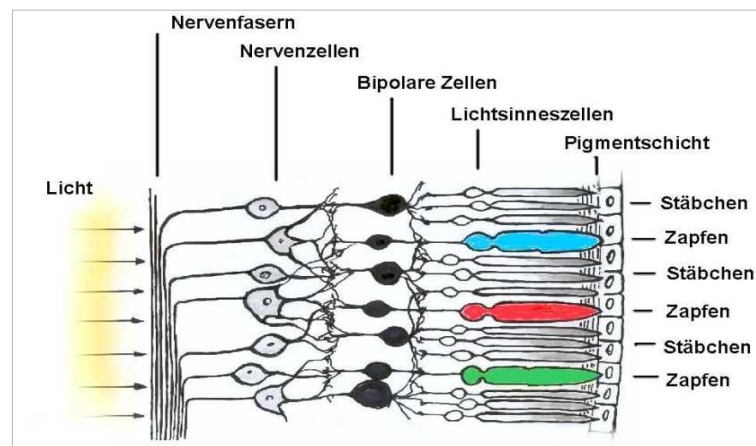


Abbildung 7: Die Netzhaut des menschlichen Auges

ein Ionenstrom in Gang gesetzt, der auf der Sehzelle ein Potenzial aufbaut, und so die Bildung von Aktionspotenzialen fördert.

Die Rezeptoren geben diese Signale an die ca. 1 Mio. Ganglienzellen (Bipolarzellen) weiter. Die Axome der Ganglienzellen verlaufen im Sehnerv, sie leiten die Signale in das Gehirn weiter. Nur etwa 20 % der in der Sehrinde eintreffenden Signale stammen aus den Fotorezeptoren der Retina, der restliche Anteil entfällt auf Informationen aus anderen Hirnteilen und Erfahrungen

3.2 Blickbewegung

Der Augapfel ist durch 6 Muskeln elastisch aufgehängt. Durch sie kann er auf allen Drehachsen bewegt werden, obwohl er seine Lage immer beibehält. Man unterscheidet Versionen und Vergenzen.

Versionen sind Bewegungen beider Augen in die gleiche Richtung. Dies geschieht, wenn sich das Sehen einem Objekt zuwendet.

Von Vergenz spricht man, wenn sich die Bewegung der Augen aufeinander zu oder voneinander weg richtet (Schielbewegung). Das Schielen nach außen nennt man Divergenz, von Kongruenz spricht man beim Schielen nach innen. Letzteres ist für die Stereoskopie von besonderer Bedeutung. Extreme Augenbewegungen kommen selten vor, da durch Kopfbewegungen anatomisch versucht wird, den Fixationspunkt im Zentrum zu halten.

Die Fokussierung eines bestimmten Punktes innerhalb des Gesichtsfeldes erfolgt durch Vergenzbewegungen.

Das Gesichtsfeld beträgt bei einem Erwachsenen durchschnittlich horizontal 180°, davon werden nur 120° von beiden Augen erfasst und stereoskopisch ausgewertet. In der Vertikalen sind es 120°.

3.3 Funktion

Beim Sehen tasten die Augen die Umgebung unaufhörlich ab, es werden Punkte kurz fixiert, scharf gestellt (Akkommodation) und durch die Irisblende (Pupille) an die Helligkeit des fixierten Punktes angepasst. Die für die Fixation verschiedener Punkte nötige extrem schnelle Augenbewegung nennt man Sakkaden, die schnellste Bewegung, die der menschliche Körper (unbewusst) ausführen kann.

3.4 Farbe und Helligkeit

Adaption nennt man die Anpassung der Rezeptoren an die Lichtverhältnisse, also die Änderung der Empfindlichkeit. Sogenannte Zapfen adaptieren innerhalb von etwa 4 Minuten, die Stäbchen benötigen bis zu 30 Minuten.

Die Farben nehmen bei abnehmender Lichtstärke ebenso wie die Schärfe stark ab, es werden hauptsächlich Umrisse gesehen.

Schnelle Helligkeitsunterschiede werden durch den Pupillarreflex ausgeglichen, etwas langsamere, länger andauernde durch die Zapfen. Große Unterschiede der Lichtintensität (z. B. Dämmerung) werden durch vermehrten Einsatz der Stäbchen versucht zu kompensieren.

Die von der Netzhaut über den Sehnerv weitergegebenen Bilder werden im ersten Areal (V1) des Sehzentrums extrem fein aufgelöst dargestellt. Die nachfolgenden Areale werten es nach bestimmten Gesichtspunkten aus. Nur sehr einfache Formen werden bereits im ersten Areal analysiert. Dazu finden sich hier säulenförmige Rindenzellen (Neurone).

Die Auswertung der Tiefeninformation wird durch luminanzbasierten Vergleich vorgenommen, Farbinformationen werden für die binokulare Tiefenwahrnehmung nicht genutzt.

Die Wahrnehmung ist also auf das Erkennen von Strukturen, Linien und Kanten aufgebaut. Bilder entstehen erst aus einem groben Raster, um danach mit feinerem Inhalt gefüllt zu werden. Sogar verfremdete Bilder (Stereo 3D) können räumlich wirken. Ist eine Grundstruktur der Objekte erkennbar, können die Stereopsis und Disparitäten ausgewertet werden.

3.5 Räumliches Sehen

Räumliche Bilder entstehen durch Auswertung der Unterschiede der Bilder von linkem und rechtem Auge. In den Kolumnen des Sehzentrums gibt es eine große Menge binokularer Zellen. Dies sind Zellen, die in beiden Netzhäuten über rezeptive Felder verfügen.

Zusätzlich gibt es Verbindungen zwischen den Kolumnen beider Augen. Diese Querverbindungen ermöglichen erst das räumliche Sehen.

Entscheidend für das Stereosehen ist, dass die beiden Gesichtsfelder sich überlappen, das Objekt wird also auf beiden Netzhäuten abgebildet. Die Information korrespondierender Netzhautstellen kommt jeweils an der gleichen Stelle im Sehzentrum an. Korrespondierende Netzhautstellen sind jene Punkte auf den Netzhäuten, auf denen die gleichen Punkte eines Motivs - beispielsweise einer Fingerspitze - in der Fixationsentfernung in beiden Augen abgebildet werden. Aus den Unterschieden errechnet unser Gehirn die Tiefe und anderes.

3.6 Stereo 3D-Sehen und Kenngrößen

Die Kenngrößen sind individuell sehr unterschiedlich. Beim 3D-Dreh verwendet man die durchschnittlichen Grenzwerte, um einer visuellen Überforderung des Betrachters vorzubeugen.

1. Parallaxe:

Die Sehachsen, die von den beiden Augen zum betrachteten Gegenstand führen, schneiden sich in einem bestimmten Winkel. Dieser wird als stereoskopische Parallaxe bezeichnet. Je kürzer die Entfernung zum Objekt wird, desto größer wird der Winkel und damit der räumliche Eindruck, da sich die Bilder beider Augen immer stärker unterscheiden.

2. Disparität:

Verschiebung eines Objektpunktes von rechtem zu linkem Auge (Auswertung mit Hilfe der Stereozellen).

3. Disparitätsgrenze:

Wird die Disparität zu groß, überschreitet sie den vergleichbaren Bereich. Der Vergleichsbereich umfasst circa $1,5^\circ$ Sehwinkel, das entspricht 90 Winkelminuten (1 Winkelminute = $1/60$ Grad). Dies ist eine grundlegende Kenngröße für die Stereoskopie. Der

Durchmesser der Sehgrube beträgt etwa 90 Winkelminuten. Stereoneuronen, die auf Disparitäten über diesem Wert reagieren, gibt es nur in sehr kleiner Menge.

4. Augenabstand:

Der durchschnittliche Abstand zwischen den Pupillen beträgt 6,5 cm. Jeder Mensch wird individuell auf seinen Abstand in der Kindheit geprägt und richtet so sein Sehen und seine Wahrnehmung aus.

5. Fusion:

Das Gehirn vereint die beiden unterschiedlichen Bilder auf individuelle Weise zu einem virtuellen Gesamtbild – das sogenannte „zyklopische“ Bild. Hierzu wird eine Auswertung der Disparitäten vorgenommen. Die Fusion funktioniert allerdings nur in einem bestimmten Bereich um den anvisierten Punkt herum, dem sogenannten „Pannusraum“. Außerhalb dieses Raumes entstehen Doppelbilder, die beim natürlichen Sehen unterdrückt werden. Objekte werden in Bezug zum fixierten Punkt räumlich eingeordnet (davor oder dahinter, gekreuzte oder ungekreuzte Disparität). Eine wichtige Größe ist der sogenannte Horopter, der das Zentrum des Pannusraumes ist.

6. Akkommodation & Konvergenz:

Diese Kenngrößen wurden bereits in Kapitel 3.1 beschrieben.

Auf der linken und rechten Netzhaut existieren, wie bereits erwähnt, einander entsprechende Bereiche, sogenannte korrespondierende Stellen. Fixieren wir einen Punkt, wird er auf diese Stelle der jeweiligen Sehgrube projiziert. Die links und rechts neben der fixierten Stelle liegenden Punkte werden ebenfalls auf korrespondierenden Netzhautstellen abgebildet. Die Disparität aller dieser Punkte beträgt immer Null, die Blickpunkte sind deckungsgleich. Im Gegensatz dazu weisen Punkte vor oder nach der Netzhautwölbung eine Disparität auf.

Bei der Stereopsis wird ausgewertet, dass eine ungekreuzte Disparität weiter weg, eine gekreuzte näher eingestuft wird. Stereopsis bedingt also zwei Teilbilder, die zu einem zyklischen Bild zusammengefügt werden. Durch die Sakkaden und die Fokussierung neuer Punkte verändert sich auch die Netzhautwölbung ständig und damit die Tiefenrelation der verschiedenen Objekte. Für die Stereoskopie sind die sogenannten Tiefenhinweise von großer Bedeutung. Konflikte in der Bewertung der unterschiedlichen Tiefenhinweise werden blitzschnell im Gehirn abgewogen und sehr individuell unterschiedlich gewichtet. Es gibt Tiefenhinweise, die schon von einem Auge auswertbar sind, für andere nutzt man die Informationen beider Augen. Der für die Stereoskopie wichtigste ist die binokulare Disparität, er ist ebenso wie die okulomotorischen (Okulomotorik = Augenbewegung) Indikatoren ein binokularer Faktor. Die monokularen Hinweise sind Bildindikatoren und Bewegungsparallaxe.

3.7 Subjektivität des Sehens

Individuell bewertet jeder Mensch die objektiven optischen Reize noch einmal subjektiv, indem er Informationen aus Erinnerung und Erfahrung mit einfließen lässt. Objekte werden im Kontext ausgewertet. Obwohl sie in verschiedenen Situationen anders erscheinen, ist unser Gehirn in vielen Situationen in der Lage, ihre tatsächliche Gestalt, Größe und weiteres zu erkennen. Für diese Auswertungen gibt es über hundert sogenannte „Gestaltgesetze“, die grundlegende Regeln für die stereoskopische und filmische Arbeit bilden.

3.8 Sehfehler

1. Phorien:

Der Fixationspunkt beider Augen stimmt nicht genau überein. Oft sind nicht gleichmäßig arbeitende Augenmuskeln die Ursache. Leichte Phorien können durch Fusion ausgeglichen werden. Ist das nicht möglich, kommt es zu Doppelbildern. Bei Stress, Übermüdung oder Krankheit ist die Gefahr solcher Situationen verstärkt.

2. Brechungsfehler:

Unterschiedliche Brechkraft in den Augen.

3. Strabismus (Schielen):

Fehlstellung der Augen zueinander bei Fixation eines Punktes.

4. Nystagmus:

„Augenzittern“, übermäßige, massive Bewegung

5. Medientrübung:

Die Linse, der Glaskörper oder die Hornhaut sind trüb und es entsteht kein klares Bild auf der Netzhaut.

6. Farbblindheit und -fehlsichtigkeit:

Bei Farbblindheit besteht vollständiges Versagen der Zapfen. Farbfehlsichtigkeit ist die bekannte Rot-Grün-Blindheit, die durch eine Sequenzveränderung von Aminosäuren hervorgerufen wird.

7. Diplopie:

auch Doppelsichtigkeit genannt. Man sieht ein etwas versetztes Bild zusätzlich.

8. Grüner Star:

Druckanstieg im Auge, der die Netzhaut schädigt.

9. Aniseikonie:

Ähnlich wie Diplopie eine Art der Doppelsicht, nur sieht man hier nur ein Halbbild extra.

10. Gesichtsfeldausfall:

neurologisch bedingt, beispielsweise nach einem Schlaganfall.

Es gibt für viele Sehfehler Möglichkeiten der Korrektur. Problematisch für das räumliche Sehen sind allerdings in früher Kindheit erworbene oder angeborene Fehler oder Erkrankungen, da sich die wichtigsten Fähigkeiten für das stereoskopische Sehen in den ersten Lebensmonaten ausbilden. Die psycho-physiologische Grundlage kann in

späteren Jahren nicht ausreichend weit ausgebildet werden, sondern wird nur bedingt kompensiert.

3.9 3D-Krankheit

Auch wenn die meisten Menschen 3D mit großem Enthusiasmus sehen, gibt es einige, die davon krank werden. Symptome wie Schwindel, Übelkeit, Kopfschmerzen und anderes können das Resultat der so genannten „3D-Krankheit“ sein. Die „3D-Krankheit“ ist eine Art der Reisekrankheit. Reisekrankheit entsteht, wenn das Gehirn unterschiedliche Informationen von den Sinnen bekommt. „Wenn wir uns natürlich bewegen, zum Beispiel gehen oder rennen, stimmen unsere Sinne überein. Aber wenn der Bewegungssinn nicht mit dem Sehsinn übereinstimmt, reagiert unser Gehirn eventuell als ob es vergiftet worden wäre. Diese Reaktion soll dazu führen, dass wir das Gift entweder durch Erbrechen oder durch Diarrhoe wieder ausscheiden.“ Zitat Andrea Bubka.¹⁵

Bisher ist noch kein Grund bekannt, aus dem einige Menschen anfälliger als andere sind. Forschungen zeigen aber, dass zum Beispiel Frauen häufiger darunter leiden als Männer und auch einige ethnische Gruppen prädestinierter sind. Die beiden Wissenschaftler Bonato und Bubka hoffen, einen Weg zu finden, durch ihre Forschung nicht nur für den Kinobesucher von 3D-Filmen die krankheitsauslösenden Faktoren zu minimieren, sondern auch in anderen virtuellen Bereichen die „Reisekrankheit“ zu unterbinden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, je mehr Farben und räumliche Komplexität der Mensch sieht, desto eher beginnt die Krankheit. Bonato und Bubka hoffen, einen Weg aufzeigen zu können, wie der Mensch lernen kann mit diesen neuen Reizen umzugehen. Sie haben herausgefunden, dass das menschliche Hirn eine Toleranz für solche Reize erlernen kann.

3.10 3D-Blindheit

Experten haben herausgefunden, dass etwa 10 % aller Menschen gar keine 3D-Effekte wahrnehmen können. Dies ist bedingt durch verschiedene Sehfehler und -erkrankungen. Wichtig für Filmschaffende ist es zu wissen, dass unter Leuten in der Medienbranche nur 5 bis 7% kein 3D sehen können.¹⁶

¹⁵ Vgl. May 24, 2010 Cybersickness: A Virtual Bummer, http://www.nsf.gov/news/special_reports/science_nation/cybersickness.jsp

¹⁶ Fachvortrag S-3D Forum München

4 Technik

Die technische Entwicklung gibt uns die Möglichkeit, Filme in 3D zu drehen und die technischen Fehler der Vergangenheit zu vermeiden. Durch die Entwicklungen der letzten Jahre haben sich neue Möglichkeiten aufgetan, die uns um neue Erfahrungen bereichern und fortschreitendes Arbeiten ermöglichen. Viele Schwierigkeiten der letzten Jahre sind verschwunden oder gehören jetzt zu den kleinen alltäglichen Problemen.

4.1 Das Department Kamera

Den bekanntesten Unterschied in der Technik von 2D zu 3D findet man in der Kameratechnik. Hier werden für den 3D-Dreh zwei Kameras benötigt anstatt einer für 2D-Aufnahmen. Doch auch andere Merkmale änderten sich im Vergleich zu 2D.

4.1.1 Die Kamera



Abbildung 8: ARRI ALEXA Reihe

ARRI AELXA, ARRI AELXA PLUS, ARRI ALEXA M, ARRI ALEXA Studio

Es wurden verschiedene Kameratypen mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen entwickelt. Auch wenn es im Moment immer noch Filme gibt, die auf Zelluloid-Film (analog) gedreht werden, ist die Zahl im Jahr 2011 besonders stark zurückgegangen, obwohl es noch viele Kameralleute gibt, die darauf schwören¹⁷. Heute wird 3D fast aus-

¹⁷ Vgl. Film&TV – Kameramann 01/2012 mehr Informationen

schließlich auf digitalen Kameras gedreht. Durch das Aufkommen der Digitaltechnik ist der derzeitige 3D-Boom überhaupt erst möglich.¹⁸

Die Auswahl der Kamera ist demnach ein wichtiger Schritt. Bei Stereo-3D sind heutzutage im professionellen Bereich das SD-Format sowie der Analog-Film praktisch ausgestorben. Damit wird in den meisten Bereichen die Wahl auf Full-HD und Digital-Cinema-Format beschränkt.

Unterschiede zwischen den Kameras beziehen sich nicht nur auf die Bauart und Bedienung, sondern auch auf Faktoren wie Farbtiefe und Farbsubsamplings. Im Broadcastbereich finden für 3D vor allem zwei Kamerateypen Verwendung: Full-HD und Digital-Cinema-Format.¹⁹ Was früher ein 16mm-Film war, ist heute laut PR der Medienbranche 2K; 35mm soll 4K entsprechen. Das heutige Digitalkino hat bei einem neuen Beamer in etwa die Qualität von 2K. Dennoch kann man heute schon bei RED und anderen Herstellern etwas von 3K, 4K, 5K und sogar 9K lesen.²⁰ Es ist sogar schon die Rede von 28K, wofür es jedoch noch keine praktische Anwendung gibt.

Von RED existieren heute eine verhältnismäßige kleine Anzahl von Digital-Cinema-Format Kameras: die bekannte RED ONE, gefolgt von der Scarlet, der Evolution sowie der MX und der neuen EPIC. Von ARRI kommen die D20/D21, aber vor allem das neue Steckenpferd, die ALEXA und die ALEXA+ sowie die ganz neue ALEXA Studio.



Abbildung 9: Der Body einer RED EPIC ohne alles.

18 Vgl. Stereo 3D Seite 291

19 Vgl. Stereo 3D Seite 292

20 Vgl. Flyer von der Firma RED

Des Weiteren gibt es die Viper von ThomasGrassValley und die F35 von Sony. Das, was die Digital-Cinema-Format Kameras ausmacht, sind die Full-Format-Chips. Diese entsprechen der Größe des 35mm-Films.

Der Film „Bridges“, welcher in den Berliner-Havelstudios in 14 Tagen gedreht wurde, entstand ausschließlich vor einem GreenScreen. Der Film wurde auf 4K mit der RED ONE aufgenommen. Anders als bei 3D üblich, wurden hier Bilder gestückelt gedreht und das Bild anschließend zusammengesetzt. Zitat “Wir müssen die Schulter einzeln scharf im grünen Raum drehen. Dann müssen wir die gegenüberstehende Person ins Bild nehmen und auch diese einzeln und scharf drehen. (...) Morro (Morrolmage) legt die beiden übereinander und gestaltet den Vordergrund – also die Schulter, über die gedreht wurde – unscharf.“²¹

Mit Hilfe eines Bildmischers am Set ist es möglich, schon vorab ein ungefähres Bild zu sehen, sodass die Bilder auch zusammenpassen. Zusätzlich werden Tracking Points verteilt für nachträgliche Bearbeitung und Animierungen.“Man hat das Gefühl, ein großes Maß an Kontrolle abzugeben, weil viel von der Gestaltung nach hinten verschoben wird“ Oliver Lecher²²

Die Filmstreamkameras liefern hauptsächlich ein RAW-Daten-Format, obwohl sie natürlich auch andere Formate ausgeben können. Es wird für das Kino-Format und die meisten Full-HD-Auflösungen verwendet.

Da diese Kameras die bisherigen Filmkameras ablösen sollen, können hier auch die bisher verwendeten 35mm-Objektive genutzt werden, die uns dann auch einige bekannte Eigenschaften des Filmlooks zurückgeben (z.B. Cooock S4 = weichere, aber trotzdem noch scharfe Bilder; Master-Prime = extrem scharfe Bilder).

Die Kameras sind dank ihrer exzellenten Auflösung und Bildqualität sehr gut für 3D geeignet, das Problem liegt in der Größe und dem Gewicht der Kameras. Was das Ganze schwieriger gestaltet, ist die aufwendige Handhabung. Neue Kameras wie die ALEXA M und die RED EPIC sind die ersten Lösungsversuche für das Größen- und Gewichtsproblem und speziell für 3D entwickelt.²³

Obwohl es unter den Full-HD-Kameras verschiedene Typen gibt, mit denen 3D gedreht werden kann, wie zum Beispiel die EB-Kameras oder verschiedene Industriekameras,

21 Film&TV – Kameramann 4/2010 S. 99

22 Film&TV – Kameramann 4/2010 S. 99

23 Vgl. Stereo 3D S. 293-294

werden diese größtenteils ignoriert. Die sogenannten Kompaktkameras decken den gesamten Bereich der beiden zuvor genannten Typen ab, sind jedoch, wie der Name schon sagt, kleiner und leichter und damit für den 3D-Dreh wesentlich besser geeignet.²⁴

Sowohl bei Spiegelriggs als auch bei Side-by-Side Riggs geht es immer darum, dass die Kameras wenig Platz einnehmen, hohe Qualität abliefern und man die Objektive schnell und einfach wechseln kann. Auch wenn heutzutage das Design in Richtung „geschwungen“ geht, ist dies bei 3D nicht nur unerwünscht, es ist sogar eher hinderlich. Daher wird ein viereckiger Kasten bevorzugt. Die Kameraindustrie reagiert auf diese Vorgabe der Medienwelt und so kommen Kameras wie die HDC-P1 von Sony oder die Silicon Imaging SI-2K auf den Markt. Die Objektive lassen sich über sogenannte C-Mounts wechseln, die Aufzeichnung und Verarbeitung erfolgen extern. Eine Besonderheit hierbei ist die HDC 1500R von Sony, welche über ein Multicorekabel mit der Recordereinheit verbunden ist. Sie eignet sich durch das Kabel besonders für kontrollierte 3D-Studiodrehs.²⁵

Bei dem Film „Topper gibt nicht auf“ (2010) wurde den Studenten von der Hochschule für Film und Fernsehen Potsdam schnell klar, dass man „erst einmal eine Menge Gewohntes vom 2D-Film vergessen“ kann. Jede Einstellung muss richtig durchgeplant sein, der Bildrand muss genau beachtet werden, Dinge wie formatsprengende Porträteinstellungen, Anschneiden von Personen oder das Seitlich-hinausgehen-lassen kann man nicht mehr nutzen. Zitat: „Wenn man die Kamera falsch einstellt, wird dem Zuschauer schlecht“²⁶

Schon bei den Drehvorbereitungen ist mehr zu beachten, damit es beim Publikum später nicht zu Kopfschmerzen kommt. Ebenso ist am Set mehr zu tun und zu bedenken. Der Kameramann muss zum Beispiel die maximale und die minimale Entfernung des vorgesehenen Schärfebereiches vermessen, um den Raumeindruck bewerten zu können.²⁷

24 Vgl. Stereo 3D S. 294-296

25 Interview mit Alexander Fehl CineGate Hamburg

26 Vgl. Film&TV – Kameramann 03/2010 S. 106

27 Vgl. Film&TV – Kameramann 03/2010 S. 106 - 107

4.1.2 Die Objektive

Mittlerweile gibt es für die Side-by-Side-Variante spezielle Objektive, die es ermöglichen, eine engere Kameraanordnung herzustellen als es mit herkömmlichen Objektiven bisher möglich war. Besonders problematisch in dieser Hinsicht waren zum Beispiel die ARRI Master-Primes, welche hervorragende Optiken besitzen, doch für diese



Abbildung 10: Zeiss Master-Primes.

Variante nicht geeignet sind, da sie einen zu großen Durchmesser haben (114 mm). Durch elektronische Motoren werden die Objektive synchron betrieben, was unabdingbar für die 3D-Produktion und per Hand nicht ausreichend genug einstellbar ist. Beispiele für sogenannte Doppelobjektive sind die Zepar-Objektive von Dedo Weigert für 65mm Filmkameras und die Phantom 65 mit einem Satz, der sich in sechs Brennweiten von 20 mm bis 100 mm bewegt.²⁸

Für die zu erreichende Bildqualität ist neben der Kameraqualität auch die ihrer Objektive bedeutend. Während anfangs nur mit einfachen Glaslinsen gedreht wurde, sind heute die meisten Objektive speziell vergütet (Beschichtung der Linse), um Bildfehlern vorzubeugen. Es gibt noch immer nicht-vergütete Linsen. Selbst mit einer hervorragenden Kamera reicht ein einfaches Objektiv (vergütet oder nicht) für gute Qualität nicht aus, dafür muss auch das Objektiv hochwertig sein, denn nicht nur Kamerachips, sondern auch Objektive haben eine Auflösung. Diese Auflösung wird in sogenannten MÜF-Kurven (Modulations-Übertragungs-Fraktion) gemessen (Kontrast in Vergleich zu

28 Vgl. Jahrbuch Kamera 2012 (Film&TV – Kameramann) S.392

Linien pro Millimeter). Ebenso wichtig für die Qualität ist die sogenannte Lichtstärke eines Objektivs. Dies bezieht sich auf die Blende.

Die folgende Zahlenreihe skizziert die Blendenreihe:

$f\ 1 / f\ 1,4 / f\ 2 / f\ 2,8 /$

Offene Blende

$f\ 4 / f\ 5,6 / f\ 8 / f\ 11 /$

Mittlere Blende

$f\ 16 / f\ 22 / f\ 32 / f\ 45 / f\ 64 / f\ 90 / f\ 125$

Geschlossene Blende

Dies sind jedoch keine festen Einteilungen, sondern von Kameramann zu Kameramann unterschiedlich. Generell gilt, je lichtempfindlicher das Objektiv desto besser.

Die optimale Blende eines Objektivs ist nicht die lichtstärkste²⁹, sie ist ein Kompromiss zwischen Auflösungsbegrenzung durch Abbildungsfehler und Beugung. Im offenen Blendenbereich ($f\ 1 - f\ 2,8$) gibt es mehr Gefahren von Abbildungsfehlern, welche wie folgt aussehen: beim sogenannten Kugelgestaltfehler entsteht eine Fokusdifferenz durch eine sogenannte sphärische Aberration. Das heißt im Grunde, dass die Brechung an den Ränder der Linse eine leicht andere Brennweite hat. Der Komafehler ist in etwa das gleiche, nur dass man sie hier auf schräg einfallende Strahlen bezieht. Beides lässt sich durch das Schließen der Blende bis zu einem gewissen Grad beheben.³⁰

Ein weiteres Problem bei einer offenen Blende ist die geringe Schärfentiefe (was in manchen Fällen gewollt sein kann). Dafür kommt solch eine Einstellung mit wenig Licht aus. Auf der anderen Seite hat man bei einer kleinen Blende eine wesentliche größere Schärfentiefe, verliert jedoch eine Menge an Licht. Zudem bekommt man Probleme mit der Beugung.

Zooms: Auch wenn es mit den neueren 2/3“-Broadcastzooms möglich ist, sie zu synchronisieren, was bei älteren nicht genau genug möglich ist, empfiehlt es sich nicht, einen Zoom im 3D-Film zu verwenden. Der Mittelpunkt der Linse verändert sich und das ist für die Zuschauer unangenehm. Die meisten 3D-Kameraleute drehen mit Festbrennweiten. Diese haben zusätzlich noch eine höhere Lichtausbeute und sind oft qualitativ besser.³¹

²⁹ Vgl. Stereo 3D S. 312

³⁰ Vgl. Stereo 3D S. 118 ff

³¹ Fachvortrag Kommer Kleijn

4.1.3 3D-Riggs

Beim Dreh musste man schon immer aus einer großen Menge von Material auswählen und musste entscheiden, für welche Situation das jeweilige Produkt besser geeignet war. Nun kommt ein neuer Gegenstand in der Kamera/Grip Abteilung hinzu: das 3D-Rigg. Kameramann/frau entscheidet jetzt zwischen Spiegel-Rigg und Side-by-Side-Rigg. Wie so oft haben auch hier beide ihre Vor- und Nachteile. Für jede Einstellung, die gedreht werden soll, muss das geeignetere Rigg ausgewählt werden. Daher werden oft beide zum nötigen Equipment gehören oder eines für einige Tage zusätzlich bestellt.

Ähnlich wie bei vielen heutigen Fotokameras (jene mit 3 Chips) besitzt ein Spiegelrigg einen Strahlenteiler. Bei den Fotokameras hat dieser Strahlenteiler die Funktion, die unterschiedlichen Wellenlängen zu den jeweiligen Chips zu lenken. Beim Spiegelrigg ist es eher ein halbdurchlässiger Spiegel, denn er soll nicht nur eine bestimmte Länge des Spektrums umlenken, sondern das gesamte sichtbare Spektrum teilen, damit jede der beiden Kameras 50 Prozent des Lichtes erhält.

Bei der 3D-Filmproduktion versuchen wir, unser natürliches Sehen nachzustellen, eine Kamera für jedes Auge, so können wir zwei Bilder aufnehmen, die nur eine kleine perspektivische Verschiebung aufweisen. Wenn wir diese dann in der Postproduktion übereinander legen, schaffen wir die Illusion von 3D.

Da der Abstand zwischen unseren Augen konstant ist, im Durchschnitt 60mm – 65mm, sehen wir zum Beispiel Berge in der Entfernung flach. Der Unterschied zwischen den Bildern, die unsere Augen an unser Gehirn schicken, ist so gering, dass aus der Diskrepanz kein 3D-Bild entsteht. In dieser Situation hat der 3D-Film einen Vorteil gegenüber dem menschlichen Auge, denn hier besteht die Möglichkeit, die Inter-Oculare-Distanz (IOD ist die Distanz zwischen der Mitte der linken und der Mitte der rechten Linse) zu verändern. Wenn wir also Berge in großer Entfernung aufnehmen, werden die Kameras mit einer IOD von 3-6 Metern zueinander aufgebaut. Die Veränderung der IOD ist eines der neuen und wahrscheinlich das wichtigste Werkzeug der 3D-Kameraleute. Die neuen Riggs ermöglichen es, die IOD zu verändern.

Das Side-by-Side-Rigg ist das bevorzugte Rigg für Landschaftsaufnahmen oder für Einstellungen mit langer Brennweite. Das Hauptproblem ist, dass alles, was näher als in etwa 7,5 Meter liegt, nicht mehr mit diesem Rigg gedreht werden kann. Das Problem hier: die IOD müsste soweit verkleinert werden, dass die Kameras und die Objektive,

selbst wenn es keine Master-Primes sind, den gleichen Platz nutzen müssten, was physisch natürlich nicht möglich ist. Der Grund liegt ähnlich wie bei den zuvor genannten Bergen in der Entfernung, wo wir die IOD vergrößern mussten. So muss eben diese IOD verkleinert werden, je dichter Objekte sich an den Kameras befinden. Hier wird das Spiegelrigg benötigt. Beim Spiegelrigg werden die Kameras übereinander angebracht, eine die horizontal gerade auf das Objekt schießt, und eine die im rechten Winkel zur ersten auf dem Rigg befestigt wird und das Bild durch den Strahlenteiler erhält, welcher im besten Fall das Licht zu je 50 Prozent aufteilt. Man sollte hierbei darauf achten, ein Rigg zu nutzen, das tatsächlich einen 50/50-Spiegel hat und nicht etwa 20/30. Die erste Kamera sieht das Bild durch den Spiegel hindurch, während die zweite Kamera die Reflektion aufnimmt. Es ist darauf zu achten, dass das Spiegelglas Optikkualität besitzt, sehr flach und glatt ist und eine 50/50-Vergütung besitzt.

Im Konsumerbereich gibt es auch schon 3D-Kameras und diese werden immer wieder von wenig erfahrenen Produzenten an Filmemacher verteilt. Diese Kameras haben jedoch eine feste IOD und verlassen sich komplett auf die Konvergenz und sind somit im Broadcast-Bereich nicht brauchbar.

In der Kinowelt benutzen die meisten Kameralleute optisch hoch qualitative Optiken, brauchen aber für die meisten Einstellungen eine IOD von etwa 25mm-50mm. Nur durch Spiegelriggs kann dies ermöglicht werden.

Der Aufbau einer Kamera im 2D-Film dauert normalerweise nicht lange. Abhängig davon, welcher Kopf benutzt wird, wie viele Kabel angebracht werden müssen und ob eine Funk- oder Handschärfe genutzt wird, kann es etwa bis zu 5 Minuten dauern.

Beim 3D Film braucht auch der erfahrene Mitarbeiter länger. Vom Auspacken des Riggs bis zum Aufbau (nur des Riggs) dauert es etwa 30 Minuten. Anders als bei herkömmlichen Köpfen muss dieser Kopf für den Transport auseinander gebaut werden, um den Spiegel zu sichern.

Wenn das Rigg steht, muss es noch kalibriert werden. Hier ist entscheidend, wieviel Erfahrung der Operator hat, doch laut 3D-Film-Factory dauert es an einem ihrer Riggs etwa eine volle Stunde. Je nach Erfahrung und Umständen kann dies auch erheblich länger, aber auch gelegentlich kürzer dauern. Ein überhasteter Aufbau beinhaltet die Gefahr erhöhter Fehlerquellen.

Wenn alles eingestellt und kalibriert ist, ist das Rigg in wenigen Minuten drehbereit. Am Set von Peter Jacksons „The Hobbit“ hat man das Problem gelöst, in dem man 17 ver-

schiedene Riggs hatte, die alle schon bereit standen, so dass sie nur noch aufgesetzt werden mussten. Dies hat natürlich auch zur Folge, dass viele Kameras von Nöten sind: 48 RED EPICS um genau zu sein.³²



Abbildung 11: Screenplane Production Rig auf einem Cartoni Lambda

Man muss sich jedoch nicht nur zwischen Spiegel- und Side-by-Side-Riggs entscheiden, sondern auch zwischen unterschiedlichen Modellen. Es kommt es darauf an, welche Kameras man nutzen möchte, wie gedreht wird und an welchem Ort. (Verdeutlichung für Kapitel 5)

Es gibt drei wichtige Regeln³³, die zu beachten sind:

Faustregel 1: Stereobasis:

Die einfachste Faustregel besagt, dass die Stereobasis nicht größer sein soll als ein Dreissigstel des Nahpunktabstandes. Dabei wird von einer Normalbrennweite ausgegangen, einem moderaten Betrachtungsverhältnis und von stereoskopischer Unendlichkeit, insgesamt also eine häufig vorkommende Standardsituation.

Die Stereobasis kann aber auch unter Einbeziehung der Brennweite ermittelt werden. Dazu wird der gewählte Nahpunkt (cm) durch die Brennweite (mm) geteilt. Heraus kommt die Stereobasis (cm), die möglichst nicht überschritten werden sollte.

³² Vgl. <http://www.thehobbitblog.com/page/4/> Production Video #4

³³ Vgl. Stereo 3D S. 335 - 336

Faustregel 2 : Mindestabstand:

Wenn die Basis und die Brennweite gegeben sind, kann der Nahpunkt, also der Mindestabstand ermittelt werden. Ein solcher Fall könnte zum Beispiel vorliegen, wenn eine Kompaktstereokamera verwendet wird, bei der eine Basisverstellung nicht möglich ist. Die Einstellung der Brennweite wird genutzt, um den Bildausschnitt zu bestimmen. Dann ergibt sich der gesuchte Mindestabstand (cm) aus der Multiplikation von Stereobasis (cm) und Brennweite (mm).

Faustregel 3 : Brennweite:

Side-by-Side-Kameras haben den Nachteil, dass sich die Stereobasis nicht beliebig verkleinern lässt. Wenn sich beide Kameras bereits berühren, können sie eben nicht weiter zusammen geschoben werden. Wenn dazu noch die Situation eintritt, dass ein bestimmter Abstand vorgegeben ist wie in einem engem Raum, kann nur noch die Brennweite als flexible Größe genutzt werden. Diese lässt sich ermitteln, indem der Abstand zum Nahpunkt (cm) durch die Stereobasis (cm) geteilt wird. Daraus ergibt sich die benötigte Brennweite (mm).

4.1.4 Speichermedien

In den 1950ern wurde auf Zelluloidfilm gedreht. Auch heute noch bevorzugen viele Kameralleute Film gegenüber digitaler Aufzeichnung, auch wenn die Produktionsfirmen fast nur noch digitale Kameras mieten.³⁴ Der Grund dafür, dass Kameralleute Film bevorzugen ist das Filmkorn, welches unkontrollierbar und zufällig ist. Ist dies bei einem 2D Film etwas, das dem Ganzen etwas "mehr" gibt, ist es bei einer 3D Produktion ein großes Problem. Da diese Körner, bestehend aus Clustern von T-Kristallen, nie gleich sind, ist es nicht möglich, dass die Bilder der zwei Kameras in dieser Beziehung identisch sind. Dies ist für 3D insofern wichtig, als sonst schnell erste Anzeichen der 3D-Krankheit auftreten. Zwar bewirkt Filmkorn allein kurzfristig dies selten, doch über eine längere Zeit dieser „Inkongruenz“ ausgesetzt zu sein, kann diese Wirkung haben. Des weiteren werden beispielsweise horizontal Verschiebungen und andere Fehler schneller zu einem Problem.

34 Vgl. Film&TV – Kameramann 01/2012 mehr Informationen

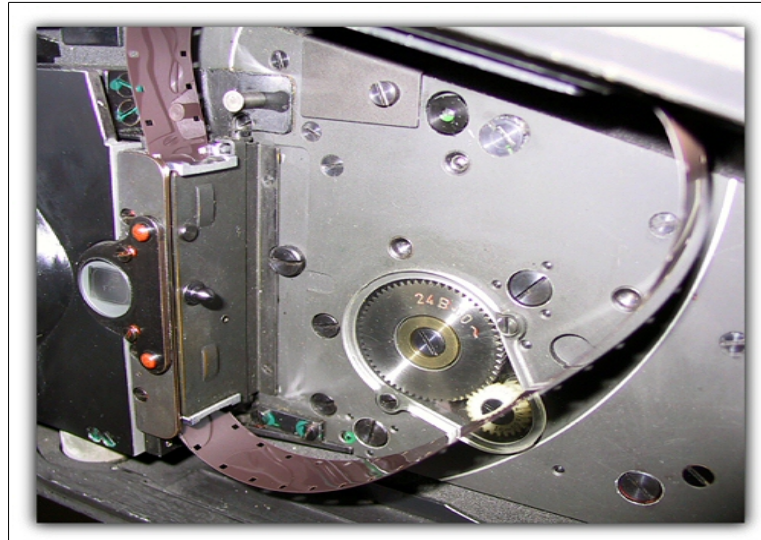


Abbildung 12: ARRI ST 16mm

Die Lösung hierzu bieten die digitalen Chips C-MOS, CCD und Foveon X3. Durch ihre Möglichkeit, jedes Bild auf der gleichen Oberfläche aufzunehmen und die exakte Anordnung der Pixel zu gewährleisten wird dieses Problem gelöst.

Im „Kameramann 1/2012“ ist beschrieben, dass das Filmkorn komplett unberechenbar sei, was den ästhetischen Eindruck vom Film ausmacht, dies gefällt vielen immer noch besser, als das beinahe klinische Bild einer Digitalkamera. Doch beim 3D-Film muss das Bild exakt gleich sein und durch das Bildkorn ist das beim Film wie bereits erwähnt nicht möglich. Durch die Digitalkameras haben wir nun die Chance, ein sauberes Bild, welches für 3D verwendbar ist, zu bekommen.

Für die 3DFilmproduktion ist die Wahl der Kamera extrem wichtig. In der ersten 3D Zeit (1950) war hier eines der Hauptprobleme zu finden. Die Kameras damals waren groß, schwer und laut. Aufgrund der Lautstärke wurden sie in noch größere Behälter eingesetzt. Durch diese wurde der gesamte Apparat noch unhandlicher und im 3D-Dreh wurden zwei davon benötigt. Dies schränkte die Möglichkeiten beim Film noch weiter ein. Die kompakte, übergroße Gerätschaft musste von 2 Operatoren bedient werden und war so unhandlich, dass Kranfahrten nicht möglich waren. Doch das größte Problem war die Synchronisation. Dies war einer der Hauptgründe der sogenannten 3D-Krankheit. Die desynchronen Bilder konnten nicht richtig vom Gehirn verarbeitet werden. Desynchronisation konnte in dieser Zeit einfach entstehen, auch wenn die Kameras geeignet waren. Es konnte geschehen, dass der Film nicht gleichzeitig transpor-

tiert und belichtet wurde. Dieser Unterschied mag nicht als sonderlich groß erscheinen, der Effekt jedoch ist stark spürbar.

Heute haben wir andere Probleme mit Kameras. Das Gros der Probleme von früher ist gelöst, aber durch die Entwicklung des Films und die Ansprüche der Zuschauer tun sich neue technische Probleme auf.

Wie früher wirkt sich die Größe auf die Qualität aus. Damals war es die Größe des Materials, heute ist es die Menge und die Größe der Chips. Doch ein größerer Chip bedeutet in den meisten Fällen eine größere Kamera. Sie machen die Handhabung aufwändiger, sowohl zeitlich als auch fachlich.

Heute sind Kameras genauer, das heißt dass die Synchronisation nicht nur einfacher ist sondern auch genauer. Bilder können nun je nach Kamera auf 1/1000 oder sogar mehr exakt eingestellt werden.

4.2 Das Department Licht und die technischen Veränderungen

Auch in der Abteilung Licht hat sich im Vergleich zur 2D-Produktion einiges geändert, hier jedoch weniger in der Technik selbst, obwohl es auch in diesem Departement immer wieder zu Weiterentwicklungen kommt, sondern vielmehr in der Menge, die benötigt wird. In dem Buch "3D Movie making" ist ein Merksatz zu finden: 3D=Light+Light+Light.³⁵

4.2.1 Das Licht

"The grill was fully loaded with all the lights we could find," "We had to shut down the lights after a few minutes, or the Fire alarm would ring," "We had to bring in more generators, for the studio grid was not powerful enough".³⁶

³⁵ Vgl. 3D Movie Making S. 113

³⁶ Vgl. 3D Movie Making S. 112 - 113

4.2.2 Lichtverluste von der Kamera bis zum Publikum

Auf Grund des hohen Lichtverlustes durch kleine Blenden, Spiegelriggs und die verschiedenen Filter vor den Kameras ebenso wie der neuen Lichtverluste in den Kinos selbst durch Polfilter vor den Projektoren und den 3D-Brillen, wird bei einem 3D-Film erheblich mehr Licht benötigt als bei einem herkömmlichen 2D-Film. Ein weiterer Punkt ist, dass 3D-Sehen besonders gut in hellen Bereichen funktioniert. Doch wo mehr Licht benötigt wird, braucht es auch mehr Strom, was seine eigenen Probleme mit sich bringt. Besonders im „Goldenen Zeitalter“ des 3D-Films war dies auch ein Problem, da die Lampen von damals eine verhältnismäßig schlechte Lichtausbeute hatten und einen entsprechend hohen Stromverbrauch. Dennoch stand in den meisten Fällen nicht genug Licht zur Verfügung.

In den letzten Jahren kamen jedoch mehr und mehr Neuerungen und neue Entwicklungen hinzu. Mit neuen Lampen wie der ARRI M 18, der ARRI MAX und anderen schaffen Beleuchter es, mehr Licht mit weniger Strom zu erzeugen. Inzwischen laufen Versuche, auch LEDs filmtauglich zu machen. Hier ist das Problem nicht die Lichtausbeute, sondern das abgebende Lichtspektrum. Gerade bei 3D-Produktionen benötigt man sehr viel Farbe, da auch sehr viel verloren geht.³⁷

Nicht nur die Menge an Licht, die benötigt wird, hat sich verändert. Das „Leuchten“ selber nimmt nun auch neue Formen an. So beispielsweise müssen Personen und Objekte oft auch von anderen Seiten ausgeleuchtet werden, oder es ist nicht mehr möglich, die Lampen in „stillen Shots“ so nah am Objekt zu positionieren, wie es noch bei 2D der Fall war.³⁸

4.3 Das Department Grip

Auch in diesem Departement gibt es Veränderungen. Durch den Einsatz von 2 Kameras verändern sich nicht nur die Größe und das Gewicht, sondern auch die Lastverteilung, der Schwerpunkt und die Ausmaße. Dies reduziert den Einsatz von der bisher bei vielen Kameramännern und Kamerafrauen beliebten Handkamera. Trotzdem fällt sie nicht völlig wegt. In den letzten Jahren gab es viele Entwicklungen, die es immer mehr erleichtern (auch bei 3D eine Handkamera zu nutzen). Durch die zusätzliche Last kön-

³⁷ Vgl. <http://www.thehobbitblog.com/page/4/> Production Video #4

³⁸ Interview mit Jan Turlach (3D-Beleuchter)



Abbildung 13: Ein Productionrigg mit 2 ARRI Alexas

nen Kräne nicht mehr so hoch ausgebaut werden. Auch die Akkus von Dollies verlieren ihre Spannung schneller und müssen demnach öfter gewechselt werden. Der Einsatz von Steadycams wurde kurzfristig seltener, denn auch hier waren die neue Größe und das höhere Gewicht ein Problem. Die Ausweichmöglichkeit zur Steadycam besteht darin, andere Kameras zu nutzen und eventuell auf Side-by-Side zu wechseln. Es muss entschieden werden zwischen Qualität und der Relevanz einer Steadycam-Einstellung.

Als Alternative für beides, Handkamera und Steadycam, werden immer öfter Bangis vom Verleiher gemietet, welche unter einem U-BANGI II oder einem Mannesmannsrohr an einem Stativ befestigt werden können. Allerdings wird dabei die bisherige Bewegungsfreiheit erheblich eingeschränkt, denn hier ist man an bestimmte Bewegungen gebunden.

4.3.1 Dollies und Kräne

Für die Dollies selber ändert sich überraschend wenig. Außer der höheren Frequenz, dem Akkuwechsel und der schnelleren Materialermüdung bei den Dollies benötigt man allerdings vermehrt Gegengewichte, um das Gleichgewicht zu gewährleisten. Der Rest wird meist durch die neuen Köpfe, wie zum Beispiel dem "Lambda Twin 3D", bewerkstelligt. Steadycam



Abbildung 14: Ein 3D-Rigg auf einem Dolly

Steadycamfahrten mussten zwar nicht völlig ersetzt werden, denn ähnlich wie für die Handkamera ist es möglich, leichtere Kameras wie zum Beispiel die Alexa M oder die Red EPIC zu nutzen, für eine Zeit jedoch war es schwieriger. Durch die Weiterentwicklung der 3D-Riggs und der Kameras ist die Steadycam sowie auch die Handkamera wieder ein normaler Bestandteil am Set.

4.3.2 Super-Technokräne

Aufgrund ihrer besonderen Möglichkeiten werden Technokräne nun vermehrt eingesetzt. Mit ihnen ist es leicht möglich, genaue und komplexe Bewegungen mehrfach auszuführen, was sie für den 3D-Film wie auch den herkömmlichen 2D-Film zu einem idealen Werkzeug macht. Zum Beispiel kam beim vierten „Fluch der Karibik – Fremde Gezeiten“ ein Kran vom Typ Supertechno 30 zum Einsatz. Andere Produktionen wie G.I. Joe 2, Battleship und Transformers 3 nutzen ebenfalls diese Kräne.³⁹

4.4 Das Department Schnitt

Anders als viele Leute glauben, nutzen die meisten 3D-Cutter nicht die gesamte Zeit 3D-Monitore und -Brillen. Meistens wird nach dem „Hero-Eye-Prinzip“ geschnitten. Das heißt, dass man das rechte Bild bearbeitet und dann die Änderungen auf das linke überträgt. Danach sieht man sich das gesamte Werk auf einem 3D-Wiedergabegerät an, um zu sehen, ob alles richtig funktioniert hat. Anders als beim bisherigen 2D-Schnitt kommt zusätzlich noch das Problem hinzu, dass die Größe des Bildschirms

³⁹ Vgl. <http://www.imdb.de/company/co0002792/>

eine große Rolle spielt. So werden zum Beispiel die Filme für den DVD-Verkauf in 3D noch einmal bearbeitet, um die geringere Größe des Bildschirms zu kompensieren. Der Unterschied nimmt exponentiell ab, je größer die Leinwand ist und ab 7 Metern Diagonale ist der Unterschied zu ignorieren. Aus diesem Grund hat CinePostproduction zum Beispiel große Leinwände in den Schnitträumen, so dass Cutter und Regisseure die Möglichkeit haben, den Effekt der Kinoleinwand nachzuempfinden. Eine weitere Änderung im Vergleich zum 2D-Film ist, dass die Muster, die sich Regie, Kamera und Andere ansehen, nun wesentlich näher an dem Endprodukt sind als früher. Auf Grund der verschiedenen Abläufe, die nun nötig sind, damit man ein vernünftiges 3D-Bild erhält, müssen diese Abläufe auch schon auf die Muster angewandt werden, die sonst erst im „Final Editing“ Anwendung gefunden haben. Somit ist der Eindruck, den man von den Mustern bekommt, wesentlich genauer.⁴⁰

4.4.1 3D-fähige Schnittsysteme und deren Umbau

In der CinePostproduction und auch in vielen anderen Postproduction-Unternehmen gibt es bereits 3D-fähige Schnittsuiten; nicht nur solche, auf denen Filme wie „Avatar“ geschnitten werden können, sondern auch solche, die es ermöglichen, Filme wie „Harry Potter“ und „Thor“ nachträglich zu konvertieren.

Doch haben die meisten keine entsprechenden Funktionen. So gibt es auch Negativbeispiele gerade bei der Nachkonvertierung. „Kampf der Titanen“ ist hier das beste Beispiel, ein Film, bei dem jede Menge Zuschauer den Kinosaal vorzeitig verließ und es eine große Anzahl an Beschwerden gab, da die schlechte Konvertierung zu der bereits erwähnten 3D-Krankheit führte. Der Grund war, dass man eine billige und schnelle Konvertierung für den Film gewählt hatte.⁴¹

40 Fachvortrag Daniele Siragusano

41 Fachvortrag Daniele Siragusano

Die folgende Tabelle zeigt eine Aufzählung der konvertierten Filme seit 2000

Filme	Jahr	Besonderes
Harry Potter und der Orden des Phönix	2007	Die letzten 20 Minuten wurden für das IMAX konvertiert
G-Force – Agenten mit Biss	2009	Disney Digital 3-D
Alice im Wunderland	2010	
Kampf der Titanen	2010	
Cats & Dogs: Die Rache der Kitty Kahlohr	2010	
Die Legende von Aang	2010	
Piranha 3D	2010	
Harry Potter und die Heiligtümer des Todes: Teil 1	2010	Wurde wegen Zeitmangels nicht als 3D in die Kinos gebracht. Kam nur als 3D Blu-ray heraus.
Die Chroniken von Narnia: Die Reise auf der Morgenröte	2010	
The Green Hornet	2011	
Thor	2011	
Priest	2011	
Harry Potter und die Heiligtümer des Todes: Teil 2	2011	
Green Lantern	2011	
Star Wars: Episode I – Die dunkle Bedrohung	2011	
Ghost Rider: Spirit of Vengeance	2012	
Zorn der Titanen	2012	
Titanic	2012	
Marvel's The Avengers	2012	
Men in Black 3	2012	

Tabelle 1: Konvertierte Filme seit 2000.

In dieser Tabelle ist zu sehen, dass viele der Filme, die in 3D gezeigt werden, noch in 2D gedreht werden.

Anders als bei 2D ist bei 3D die Größe der Bildschirmdiagonale wichtig. So ist es entsprechend auch wichtig, zu wissen, ob man einen Film für eine DVD, die auf einem

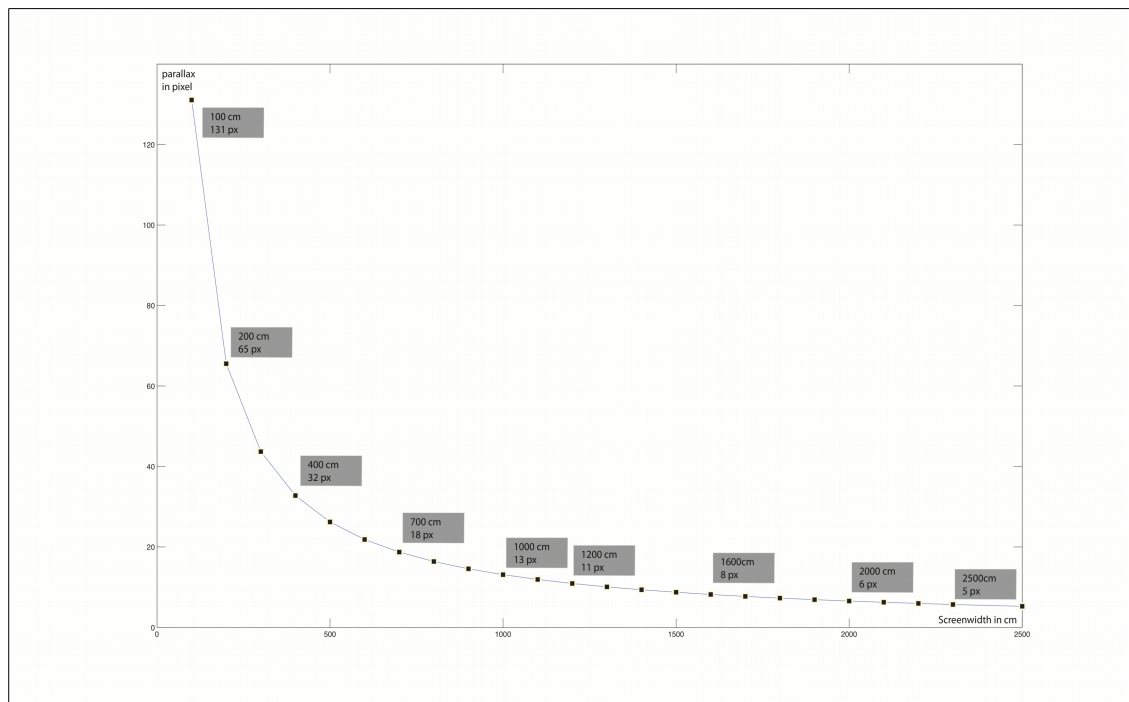


Abbildung 15: Beziehung zwischen Leinwandgrößen und IO Paralaxe

Bildschirm mit ein paar Zoll Bildschirmdiagonale läuft, schneidet, oder für einen Kinosaal mit einer Leinwanddiagonale von mehreren Metern. Filme wie „Avatar“, „Alice im Wunderland“ und andere wurden deshalb in zwei Fassungen geschnitten, einmal für den Kinosaal und einmal für den Heimfernseher. Für den Cutter bedeutet das, dass er aber auch eine Möglichkeit haben muss, den Film auf einer entsprechenden Größe zu bearbeiten, somit werden in den Schnittsuiten Leinwände benötigt. Es wurde herausgefunden, dass ab einer Bilddiagonale von 7 Meter der Unterschied zu größeren Leinwänden kaum noch relevant ist, somit ist es möglich, Leinwände von dieser Größe zu nutzen und man muss nicht mit Größen wie in den Kinosälen arbeiten.⁴² Dieser Umbau ist kostenaufwendig, denn auch hier müssen die Beamer über eine angemessene Helligkeit verfügen, damit das Bild eingeschätzt werden kann. Doch anders als vom Hersteller angegeben, verlieren die Birnen wesentlich schneller ihre A++ Qualität; laut Daniele Siragusano (Supervisor & Stereographer Digital Postproduction bei Cine-Postproduction München) mussten diese bei der Cine-Postproduction schon nach 3 Jahren ersetzt werden

⁴² Fachvortrag Daniele Siragusano

4.4.2 Behebung von Fehlern in der Postproduktion

Der digitale Wandel verleiht der Postproduktion Möglichkeiten, deren Ergebnisse im Film später immer wieder beeindrucken. Es lassen sich viele Fehler beheben, die in der analogen Postproduktion zu Nachdrehs geführt hätten oder die dem Publikum als unzumutbar gezeigt wurden. Mit der neuen Technik können viele dieser Unzulänglichkeiten nun behoben werden. „Das machen wir in der Post“ ist mittlerweile ein weit verbreiteter Spruch am Set. Doch nicht immer ist dies möglich. In der Fernsehserie „Veronica Mars“ Staffel 3 Folge 15 „Papa's Cabin“ wurde eine blaue Plane um die Fenster des Bootes gelegt und es sollte in der Post nachbearbeitet werden. Dort jedoch musste man feststellen, dass es über eine Million US\$ kosten würde und somit wurde die blaue Plane im Bild gelassen.⁴³

In Stereo 3D ist es nicht anders. Theoretisch ist das Meiste möglich, doch die Kosten und das Budget entscheiden, was letztendlich gemacht wird.

4.4.3 Adaptionproblematik beim 3D-Schnitt

Einer der Unterschiede zwischen 3D und 2D ist, dass ein 3D-Film wesentlich langsamer geschnitten ist, was oft besonders von Actionfilmliebhabern bemängelt wird. Doch wenn wir ein paar Jahrzehnte zurückgehen und uns die Filme aus den 1920igern oder 1930igern ansehen, wird auffallen, dass auch diese Filme langsamer geschnitten sind. Der Grund dafür ist, dass sich das Gehirn des durchschnittlichen Konsumenten noch nicht an den 3D-Film gewöhnt hat. Anders ist es bei den 3D-Cuttern, diese verbringen Tage, Wochen und oft auch Monate vor den Bildschirmen und Leinwänden. So lernen ihre Gehirne besser, mit 3D umzugehen, jedoch neues Problem entsteht, denn die Cutter schneiden nun schneller. Winzige Abweichungen im Sekundenbereich, die ihnen nicht mehr auffallen, da ihre Gehirne an die speziellen 3D-Anforderungen besser adaptiert sind, lösen bei einigen Zuschauern nun schneller die 3D-Krankheit aus.

Ob diese Adaption bei Zuschauern in der Zukunft auch einsetzen wird, wenn die Anzahl der in 3D ausgestrahlten Filme zunimmt, bleibt fraglich, da die Häufigkeit des „Trainings“ dafür wohl nicht ausreichen wird. Sollte sich dagegen 3D auch im Fernseh- und Computerbereich durchsetzen, wird auch das Gehirn des Nutzers schneller adaptieren.

43 Vgl. DVD Veronica Mars Staffel 3

Jeder Film wird erst einem Testpublikum gezeigt. Dabei muss auf jeden Fall beachtet werden, dass bei Filmschaffenden, wie bereits im Augenteil bemerkt, nur etwa 5 - 8% nicht fähig sind, 3D zu sehen, während es in der allgemeinen Bevölkerung etwa 10% sind. Somit müssen die Verantwortlichen aufpassen, dass Personen im Testpublikum sitzen, die am besten wenig mit dem Filmhandwerk zu tun haben. Denn auch der bereits genannte Gewöhnungsprozess wird es Menschen, die beim Film arbeiten, erleichtern, dem Film zu folgen, was zur Folge haben könnte, dass der Film vom Testpublikum bestätigt werden würde und die normalen Zuschauer den Film als schlecht empfinden könnten.

Wer häufiger Filme sieht, gewöhnt sich an oft verwendete Filmcodes und erkennt sie, wenn sie auftauchen. Ähnlich ist es mit dem Schnitt. In Actionfilmen erwarten wir einen schnellen Schnitt und nicht etwa lange Planszenen, welche in anderen Filmen gut passen würden. Die neuen 3D-Filme müssen momentan sowohl in 2D als auch in 3D funktionieren, da noch nicht alle Kinos ausreichende 3D-Projektoren haben. Für die Zuschauer ist es ein Problem, wenn in einem 3D-Film zu schnelle Schnitte erfolgen, da die 3D-Krankheit ausgelöst werden kann. Also ist das Stilmittel „Actionfilm/schneller Schnitt“ nicht im gleichen Maße anwendbar. Sind die Schnitte zu langsam, „fällt“ der Film „auseinander“.

5 Produktion

Im Laufe der Produktion verändert sich mehr als nur die Technik. Es wird mehr Personal gebraucht, mehr Technik und mehr Vorbereitung. All dies treibt auch die Kosten in die Höhe. Eine 3D-Produktion ist durchschnittlich 20% teurer. Außerdem ist in einer 3D-Produktion der gesamte Workflow als eine Einheit zu sehen und muss auch von vornherein so betrachtet werden.⁴⁴ Dies hat bei einer 2D-Produktion nicht den gleichen Stellenwert.

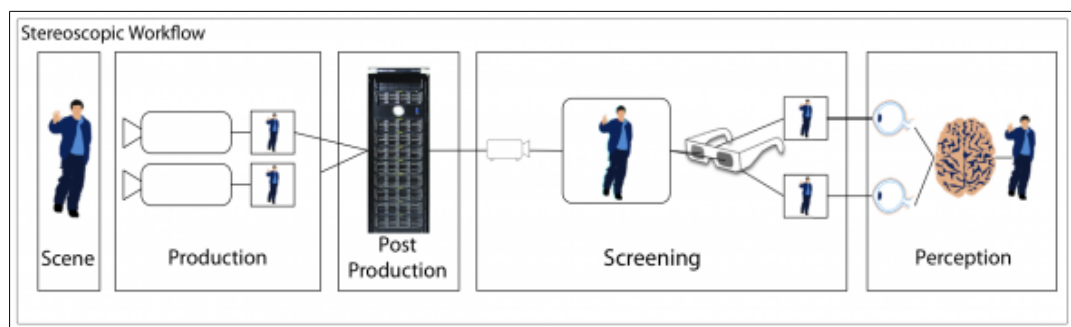


Abbildung 16: 3D Workflow vom Set bis zum Zuschauer.

5.1 Personal

Für die nächsten Jahre wird es am Set Bedarf an Stereografen geben, die sich mit den verschiedenen 3D-Problemen und -Techniken auskennen und den Kameralenten und anderen Hilfe leisten können. Mehr und mehr jedoch werden Kameramänner und Kamerafrauen selbst diesen Bereich ausfüllen wollen und aus den Erfahrungswerten lernen. Das muss jedoch nicht heißen, dass dieser Beruf hinfällig werden wird. Sicher wird es auch weiter Kameralente geben, die sich auf die Gestaltung konzentrieren wollen und somit einen Stereografen im Team haben werden, der sich um die Belange von 3D kümmert.

⁴⁴ <http://danielesiragusano.wordpress.com/>

Zusätzlich wird ein weiterer Materialassistent benötigt, um die gewachsene Menge an Technik bereitzustellen und zu bedienen. Wo bisher pro Unit ein Assistent dabei war, werden nun zwei benötigt. Allerdings muss sich noch zeigen, wie das Verhältnis ist, denn der zweite Materialassistent wird eventuell auch für die zweite Unit da sein können.

IOD Puller ist ein Job, der auch neu hinzu kommt. Hier wird mit einer ähnlichen Apparatur wie einer Funkschärfe gearbeitet, nur dass diese Funkeinheit die Position der Kameras auf den Riggs verändert.⁴⁵

Es besteht auch Bedarf nach zusätzlichen Beleuchtern, da auch mehr Licht benötigt wird und man nicht immer Zeit hat zu warten. Entsprechend werden mehr Leute in diesem Department benötigt.

Je nach Produktion und was sich in den nächsten Jahren ergeben wird, kann diese Liste noch wesentlich länger werden und weiter wachsen.

Momentan gibt es nur wenige Filmmacher und Filmschaffende, die wirklich in 3D ausgebildet und kompetent sind. Dies bringt eigene Probleme mit sich. Viele sind der Ansicht, dass es keiner grundsätzlichen Weiterbildung oder eines Wandels in der Ausbildung bedarf. Dies kann eine Gefahr für die Qualität der 3D-Produkte werden.

Zur Zeit gibt es wenige Schulen, an denen 3D unterrichtet wird und die, die es gibt, unterrichten es nicht vollständig. Tatsache ist, dass Ausbildung unter anderem in 3D-Bildsprache bisher kaum stattfindet.

Auf der anderen Seite gibt es immer mehr Workshops und Wochenendkurse. Viele arbeiten auch über den alt gewohnten Weg "Learning by Doing", somit ist der aktuelle Wissensstand, was 3D anbelangt, sehr unterschiedlich und steckt noch in den Kinderschuhen.

5.2 Vorproduktion, Technikkosten und ihre Probleme

Die Produktionskosten in den Technikabteilungen steigen selbstverständlich durch die anspruchsvollere Technik im Vergleich zu 2D-Produktionen. 3D-Produktionen haben man höhere Produktionsbudgets. Es wird nicht mehr nur eine Kamera benötigt, sondern zwei. Entsprechend verdoppeln sich die Kosten. Doch nicht nur die Kamera wird

⁴⁵ Vgl. <http://www.thehobbitblog.com/page/4/> Production Video #4

in zweifacher Ausfertigung notwendig. Schärfenzeleinrichtungen benötigen zwei Motoren, ebenso zwei Filtersets. Da heute aber kaum noch ein Kinofilm mit nur einer Kamera gedreht wird, geschweige denn einer Unit, wird nicht nur für ein Team sondern für alle Teams die doppelte Menge an Technik und Zusatzpersonal gebraucht.

Viele Probleme im ersten "goldenen Zeitalter" des S3D-Films konnten auf die Technik zurückgeführt werden, sei es der Bildstand oder die Maserung des Filmmaterials. All dies wäre ein nicht ganz so großes Problem gewesen, hätten die Filmschaffenden die Möglichkeit gehabt, direkt nach einem Take das Material zu sichten. Leider war dies damals noch nicht möglich und somit musste man warten bis das gesamte Material im Kopierwerk angekommen war und den teuren Entwicklungsprozess hinter sich gebracht hatte. Erst dann war es dem Kameramann und dem Regisseur möglich, nachzusehen, ob die Technik und alles andere in Ordnung war. Oft war das nicht der Fall und da es nur extrem selten möglich war, im Schnitt etwas zu korrigieren, musste entschieden werden, ob man einen entstandenen Fehler ignorierte und somit auf der Leinwand laufen ließ, oder ob man die entsprechende Szene erneut drehen wollte.

Hier war man nun an einem Scheideweg. Beließ man den Fehler, konnte er den Film negativ beeinflussen. Drehte man die Einstellung noch einmal, musste man extrem viel Geld ausgeben und hatte immer noch keine Garantie, dass es dieses Mal funktionierte. Fehlerkorrektur trieb die Produktionskosten in die Höhe und aufgrund dessen wurden nicht alle Fehler, die entdeckt wurden, auch behoben. Auch konnten nicht alle Fehler, die entdeckt wurden, behoben werden wie beispielsweise die unterschiedliche Silberbeschichtung des Filmes. Wenn der Film mit diesen Fehlern behaftet in die Kinos kam, litten die Zuschauer vermehrt unter der 3D-Krankheit

Werden heute Fehler am Set entdeckt, können sie durch den digitalen Schnitt und die digitale Bearbeitung zu einem großen Teil behoben werden. Dies ergibt Möglichkeiten, die den Produktionen in den 1950igern nicht zur Verfügung standen.

In der Planung und Vorbereitung ändert sich sehr viel. Das wirkt sich von der Kalkulation, der Technik und dem Personal bis hin zum Storyboard und dem Skript aus. Es muss nicht nur die Einstellungsgröße, sondern viel mehr festgelegt werden. In diesem Teil werde ich einige Änderungen beschreiben, sowohl in der Technik und beim Personal als auch in der kreativen Vorbereitung.

Bei einer 3D-Produktion wird nicht nur mehr Technik gebraucht sondern auch mehr Personal. Bei einer 2D-Produktion mit zwei Kameras gibt es meist auch zwei komplette Kamerateams. Bei einer 3D-Produktion muss man jedoch mit beinahe der doppelten Menge an Technik und Personal rechnen, je nachdem, wie gut ausgebildet und erfahren die einzelnen Mitarbeiter sind.

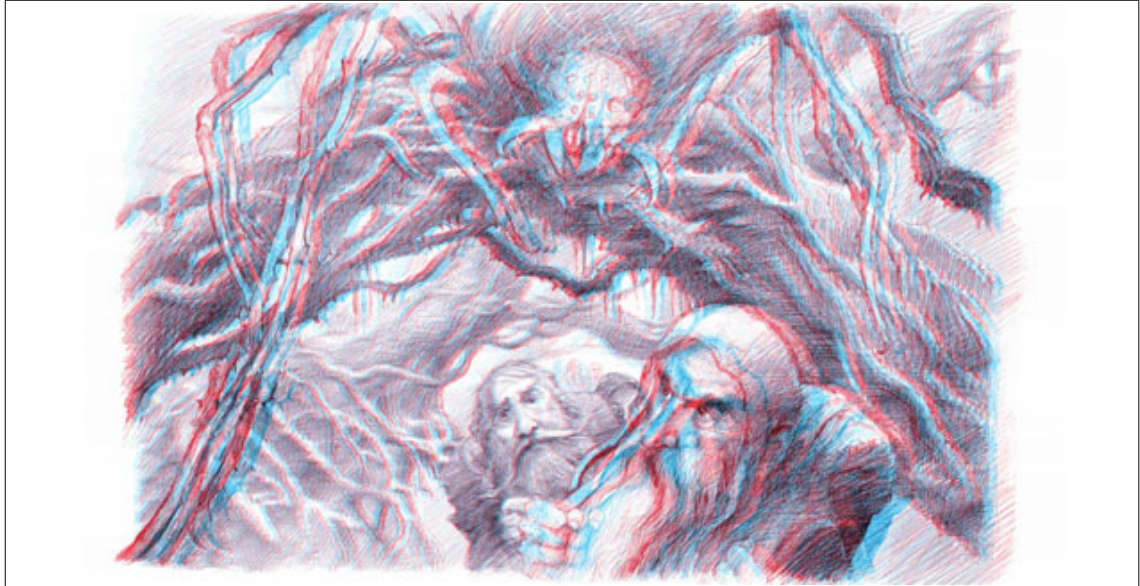


Abbildung 17: 3D-Konzeptzeichnung von „The Hobbit“.

Bei einer Produktion hat jedes Department eine bestimmte Menge Geld zur Verfügung. Bei einer 3D-Produktion benötigen aber vor allem Kamera und Licht mehr Geld als bei den herkömmlichen 2D-Produktionen. Kamerastative und Köpfe sind zwei der wenigen Dinge, die nicht doppelt gebraucht werden. Von der Kamera über Objektive bis hin zu den Kabeln benötigt man alles zweifach, somit muss erheblich mehr Geld in diesem Department eingeplant werden. Auch beim Licht sind mehr Finanzmittel vonnöten. Hier ist es erforderlich, bessere Lampen einzusetzen und mehr Material, mehr Stative, mehr Sandsäcke und so weiter.

Zusätzlich braucht man mehr Platz in beiden Departments. Was zum Beispiel vorher in einem Kamerasprinter zu verstauen war, ist nun auf einem LKW oder in zwei Sprintern unterzubringen. Hier steigen die Benzinkosten und die Mietkosten.

Aber auch Departments wie Maske und Garderobe müssen sich umstellen. Sie müssen nun beachten, welche Muster nicht auf den Kleidungsstücken auftauchen dürfen und welche sie bevorzugen können. Die Maske muss wissen, dass ein 3D-Film sehr viel mehr an Farbe schluckt als ein herkömmlicher 2D-Film. Gleiches gilt für die Ausstattung und die Setbauer.⁴⁶

⁴⁶ Vgl. <http://www.thehobbitblog.com/page/4/> Production Video #4

6 Fazit

In meiner Bachelorarbeit habe ich versucht, die Unterschiede zwischen 2D- und 3D-Produktionen zu beschreiben. Dem ist ein kurzen Überblick über Historie und physiologischen Voraussetzungen des Filmsehens vorausgestellt. Wie bei den historischen Ansätzen in der 3D-Filmgeschichte sind auch heute ganz andere Voraussetzungen am Set und in der Postproduktion zu erfüllen. Der neue 3D-Boom wurde erst durch den Umstieg von Analog auf Digital und die wesentlich weiterentwickelte Technik möglich, beziehungsweise wieder reizvoll für Filmschaffende. Seitdem haben sich auch viele technische Möglichkeiten durch speziell auf 3D zugeschnittene technische Geräte aufgetan.

Die Kosten, bedingt durch höheren Technik-, Zeit- und Personaleinsatz, sind bei den 3D-Produktionen ca. 20% höher. Die Versuche, 2D-Produktionen deshalb später zu konvertieren, scheitern oft bezüglich der Qualität. Bei schlechten Konvertierungen besteht die Gefahr, dass das Publikum pauschal 3D-Filme abwertet und 3D-Filme nicht mehr so gut angenommen werden, zumal auch die Eintrittspreise höher sind. Hier spielen nicht nur die höheren Produktionskosten sondern auch die nötigen Kinoubbauten eine Rolle. Während die Technik sich sehr gut weiterentwickelt hat, stellte ich bei meiner Recherche fest, dass die Ausbildung der Filmschaffenden noch sehr wenig auf 3D zugeschnitten ist. Wie in der Technik gibt es aber auch hier einen Wandel. Es werden immer mehr Stereografen ausgebildet. es gibt Workshops für Filmemacher. Ich halte es aber für sehr wichtig, dass auch an den Hochschulen und Universitäten 3D in den Lehrplan übernommen wird, sowohl von der technischen als auch von der künstlerischen Seite.

Der Hype um 3D scheint bereits beendet. Meiner Ansicht nach werden aber 3D-Produktionen die 2D-Produktionen nicht verdrängen wie der Farbfilm den Schwarzweiß-Film. Trotzdem werden 3D-Produkte mehr als nur ein Nischenprodukt werden, auch wenn durchschnittlich 10% der Menschen physiologisch bedingt nicht in der Lage sind, diese Filme in 3D zu sehen. Derzeit ändert sich viel in der 3D-Welt sowohl technisch als auch künstlerisch. In der Zeit, in der ich diese Arbeit schrieb, hat sich viele Male etwas innerhalb von wenigen Monaten geändert und weiterentwickelt, wie zum Beispiel die Riggs und die Kameras. Das Wichtigste für die Zukunft wird sein, die immer bessere Technik handwerklich korrekt umzusetzen.

Literaturverzeichnis

MENDIBURU, Bernard (2009): 3D Movie Making – Stereoscopic Digital Cinema from Script to Screen. Herausgegeben von Focal Press Verlag 2009.

TAUER, Holger (2010): Stereo 3D, Grundlagen, Technik und Bildgestaltung. Herausgegeben von Schiele und Schön Verlag Auflage 1 2010.

Walde I., Schäffer E.H., Köstlin R., Schattauer 1989, Atlas der Augenerkrankungen bei Hund und Katze

Dehn, Peter Vergiss 2D!
Film&TV – Kameramann 03/2010

Dehn, Peter 3D in Berlin
Film&TV – Kameramann 04/2010

Gebhard, Christnie; Voigt-Müller, Gerd: Auf zur dritten Dimension!
Film&TV – Kameramann 01/2011

Interview Kameramann Matthias Bolliger
Film&TV – Kameramann 01/2012

Videoobjektive
Jahrbuch Kamera 2012 (Film&TV – Kameramann)

RED (Flyer der Firma)

Wagner, Reinhard E. (2010): „3DIF: 3D-Cinema und stereoskopische Medienproduktion“, FKT-Magazin 64. Jahrgang (11/2010), S. 580 – 585.

Fisher, David, William Friese-Greene
http://www.mybrightonandhove.org.uk/page_id__5718_path__0p117p157p344p.aspx
(Datum des Zugriffs: 16.08.2012)

Jackson, Peter Production Video #4: Peter Jackson
<http://www.thehobbitblog.com/page/4/> (Datum des Zugriffs: 14.07.2012)

Janssen, Jan-Keno (2008): „3D 2.0“ c't Magazin (16/2008),
<http://www.heise.de/ct/artikel/3D-2-0-291654.html> (Datum des Zugriffs: 27.05.2012).

Jan-Keno Janssen (2008) 3D 2.0 c't Magazine (16/2008)
<http://www.heise.de/ct/artikel/3D-2-0-291654.html> (Datum des Zugriffs: 30.05.2012)

Daniele Siragusano Master Screensize
<http://danielesiragusano.wordpress.com/> (Datum des Zugriffs: 19.03.2012)

Wikipedia (2012): „Liste von 3D-Filmen“
http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_3D-Filmen (Datum des Zugriffs: 27.05.2012)

Zywek, Katrin (2009): „Alles übers neue Kino“, Kino.de,
<http://www.kino.de/news/alles-uebers-neue-3d-kino/276765.html>
(Datum des Zugriffs: 30.04.2012)

Vortrag zur Geschichte des 3D-Films im Filmmuseum München
<http://www.dermuenchenblog.de/veranstaltungen/vortrag-zur-geschichte-des-3d-films-im-filmmuseum-muenchen/> (Datum des Zugriffs: 16.08.2012)

Aufbau des Auges: Spezialisten der Netzhaut
http://www.focus.de/gesundheit/ratgeber/sehen/anatomie/staebchen-und-zapfen_aid_21740.html (Datum des Zugriffs: 07.01.2011)

<http://www.imdb.de/company/co0002792/> (Datum des Zugriffs: 14.07.2012)

"Harry Potter 7" nicht in 3D
<http://www.kino.de/news/harry-potter-7-nicht-in-3d/296170.html>
(Datum des Zugriffs: 01.01.2012)

Miles O'Brien May 24, 2010 Cybersickness: A Virtual Bummer,
http://www.nsf.gov/news/special_reports/science_nation/cybersickness.jsp
(Datum des Zugriffs: 12.02.2012)

U23D (2007): „Über den Film“
<http://www.u23d.de/> (Datum des Zugriffs: 30.05.2012)

3D-STEREO (3DS) Forum 13.-17. März 2012 in München
http://www.iffma.de/3D_STEREO_FORUM.html

Interview mit Alexander Fehl CineGate Hamburg (Datum des Zugriffs: 05.08.2011)

Interview mit Jan Turlach (3D-Beleuchter) (Datum des Interviews: 21.04.2012)

Veronica Mars Staffel 3 DVD 6 – Robs Regie-Erfahrung

Abbildungsquellenverzeichnis

Abbildung 1: Plastische Klappkarte mit integrierter Optik.

http://www.malschule-roos.de/3-D_Stereocard.gif

Abbildung 2: Brewsters Stereoskop

http://blogs.ethz.ch/digital-collections/files/2009/11/71023_0001.jpg

Abbildung 3: Kamera aus den 1950er Jahren (Foto: Johannes Steurer, ArriCineTechnik)

http://www.kinofenster.de/img/db/kamera_1950_jpg_281_197_80.jpg

Abbildung 4: Avatar anaglyph.

<http://www.wittkowsky.net/3d-film/spiel.htm>

Abbildung 5: Das Auge

<http://www.organmodelle.de/fcnt/organmodelle/augenmodell/skizze/Auge1.JPG>

Abbildung 6: Nah- und Fernakkommodation

<http://www.jameda.de/gesundheits-lexikon/bilder/big/506667.jpg>

Abbildung 7: Die Netzhaut des menschlichen Auges

<http://www.airflag.com/Hirn/w4/w4sinne-Dateien/netzh.jpg>

Abbildung 8: ARRI ALEXA Reihe

http://www.arri.com/camera/digital_cameras.html

Abbildung 9: Der Body einer RED EPIC ohne alles

http://www.kameraverleih-deutschland.de/mm/mm001/Red_Epic_X.gif

Abbildung 10: Zeiss Master-Primes

<http://www.cineunited.com/assets/Uploads/ZEISS-MASTER-PRIMES-black2.jpg>

Abbildung 11: Screenplane Production Rigg auf einem Cartoni Lambdakopf

http://www.screenplane.com/lib/Images-News/Cartoni_side_up_Epic_rouge.jpg

Abbildung 12: ARRI ST 16mm

http://www.cinema-astoria.com/cinematography/arri/arri_05.jpg

Abbildung 13: Ein Productionrigg mit 2 ARRI Alexas

http://www.screenplane.com/lib/Images-News/Alexa_Rom.jpg

Abbildung 14: Ein 3D-Rigg auf einem Dolly

http://www.screenplane.com/lib/Images-News/VDW-E2_s.jpg

Abbildung 15: Beziehung zwischen Leimwandgrößen und IO Praralaxe

http://danielesiragusano.files.wordpress.com/2011/04/plot_1.png?w=584

Abbildung 16: 3D Workflow vom Set bis zum Zuschauer

http://danielesiragusano.files.wordpress.com/2011/04/fig_1.png?w=584

Abbildung 17: 3D-Konzeptzeichnung von „The Hobbit“

<http://www.thehobbitblog.com/wp-content/uploads/2011/11/3dconcepts sketch1.jpg>

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Hermannsburg, 31. August 2012 Gero-Alexander Görke